



Universitat
de les Illes Balears

TRABAJO FIN DE GRADO

EFECTO DE LA ESTABILIDAD EN LA RUTINA DIARIA Y UNA ADECUADA EXPOSICIÓN LUMÍNICA DURANTE EL DÍA SOBRE EL RITMO CIRCADIANO DE SUEÑO-VIGILIA EN UNA POBLACIÓN ANCIANA NO INSTITUCIONALIZADA

Manuel Ruiz Bustos

Grado de Biología

Facultad de Ciencias

Año Académico 2020-21

EFFECTO DE LA ESTABILIDAD EN LA RUTINA DIARIA Y UNA ADECUADA EXPOSICIÓN LUMÍNICA DURANTE EL DÍA SOBRE EL RITMO CIRCADIANO DE SUEÑO-VIGILIA EN UNA POBLACIÓN ANCIANA NO INSTITUCIONALIZADA

Manuel Ruiz Bustos

Trabajo de Fin de Grado

Facultad de Ciencias

Universidad de las Illes Balears

Año Académico 2020-21

Palabras clave del trabajo:

Ritmo circadiano, envejecimiento, luz, cronodisrupción, ancianos, zeitgeber, temperatura, actividad motora, matutinidad-vespertinidad, sueño-vigilia.

Nombre Tutor/Tutora del Trabajo: Dr. Mourad Akaarir El Ghourri

Se autoriza la Universidad a incluir este trabajo en el Repositorio Institucional para su consulta en acceso abierto y difusión en línea, con fines exclusivamente académicos y de investigación

Autor		Tutor	
Sí	No	Sí	No
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

RESUMEN

El desarrollo de las sociedades con avances biomédicos, sanitarios y junto con un aumento de la esperanza de vida, implican un aumento a nivel actual y futuro de las poblaciones ancianas. La presencia de un estilo de vida regular en cuanto a ritmos de actividad-reposo, exposición y contraste a la luz, horario de comidas y contactos sociales junto con una alimentación equilibrada y una buena calidad de sueño, es fundamental para evitar el desarrollo de la cronodisrupción (CD) en ancianos y tener un envejecimiento más saludable. Uno de los principales problemas asociados corresponden a la fragmentación e inestabilidad del sueño presente en la población anciana por afectaciones en su sistema circadiano sueño-vigilia conduciendo a trastornos cronobiológicos.

El objetivo del presente trabajo consistió en el estudio del ritmo sueño-vigilia en ancianos sanos, independientes y autónomos, con una rutina similar, escolarizados en la Universidad abierta para Mayores (UOM). En concreto se buscaba relacionar que aquellos individuos que presentan una estabilidad de la rutina diaria junto con una adecuada exposición a la luz durante el día y contraste de luz-oscuridad (Día/noche) presentarían un mejor ajuste del ritmo circadiano sueño-vigilia, una mayor calidad del sueño y por ende una mejor calidad de vida. Los resultados obtenidos muestran indicios de la posible relación entre un estilo de vida rutinario y una adecuada exposición y contraste lumínico sobre la mantención o mejora del ritmo circadiano sueño-vigilia en ancianos sanos, independientes y autónomos.

ABSTRACT

The development of societies with biomedical and health advances, together with an increase in life expectancy, implies an increase in the number of elderly people, both now and in the future. The presence of a regular lifestyle in terms of activity-rest rhythms, exposure and contrast to light, mealtimes, and social contacts together with a balanced diet and a good quality of sleep, is essential to avoid the development of chronodisruption (CD) in the elderly to have a healthier ageing. One of the main problems associated with chronodisruption is the fragmentation and instability of sleep present in the elderly population, due to the disruption of their circadian sleep-wake system, leading to chronobiological disorders.

The aim of the present work was to study the sleep-wake rhythm in healthy, independent, and autonomous elderly people, with a similar routine, students at the Open University for the Elderly. Specifically, we aimed to relate that those individuals who present a stable daily routine together with an adequate exposure to light during the day and light-dark contrast (day/night) would present a better adjustment of the circadian sleep-wake rhythm, a higher quality of sleep and therefore a better quality of life. The results obtained show indications of a possible relationship between a routine lifestyle and adequate light exposure and light contrast on the maintenance or improvement of the circadian sleep-wake rhythm in healthy, independent, and autonomous elderly people.

ÍNDICE

RESUMEN	3
ABSTRACT	3
AGRADECIMIENTOS	5
1. INTRODUCCIÓN	6
1.1 La cronobiología y los ritmos biológicos	6
1.2 Organización del ritmo circadiano en mamíferos	7
1.2.1 El marcapasos central y osciladores periféricos	8
1.2.2 Vías de entrada de la información	9
1.2.3 La melatonina	9
1.2.4 Vías de salida y manifestación de los ritmos biológicos	10
1.3 La rutina diaria como <i>zeitgeber</i>	11
1.4 Cronodisrupción y ritmos circadianos en el envejecimiento	11
1.4 Envejecimiento de los ritmos circadianos	11
2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	14
3. METODOLOGÍA	15
3.1 Participantes	15
3.2 Institución.....	15
3.3 Materiales e instrumentos.....	16
4. RESULTADOS	20
5. DISCUSIÓN	25
6. CONCLUSIÓN	26
7. ABREVIATURAS	27
8. BIBLIOGRAFÍA	27
ANEXO 1	32
ANEXO 2	36

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a los compañeros y amigos que han formado parte de esta etapa y han mostrado de manera incondicional su apoyo, así como momentos inolvidables. En concreto, me gustaría hacer especial mención, a José Manuel Pujol, el cual ha sido durante un gran período de años un apoyo para superar los diferentes obstáculos a los que nos hemos enfrentado, culminando en este TFG. Por otra parte, agradezco al Dr. Mourad Akaarir El Ghourri por además de ser un tutor, una persona que me ha guiado y proporcionado la ayuda necesaria para el correcto desarrollo de este TFG. Además, me gustaría destacar el apoyo y amor recibido por mi pareja, fundamental en mi día a día y la que siempre me anima independientemente del camino que escoja. Finalmente me gustaría agradecer a mi familia por haberme dado la oportunidad de cursar este grado universitario y proporcionarme el apoyo necesario para seguir adelante.

1. INTRODUCCIÓN

Desde el momento en que se dio origen a la vida, el entorno físico natural poseía una periodicidad inherente que influía en la fisiología y comportamiento de los organismos vivos que lo habitaban. Esta periodicidad que presenta el medio abiótico es el resultado del movimiento rotacional y traslacional terrestre. De esta manera, la rotación terrestre es la encargada de generar variaciones en la iluminación y temperatura diaria (Ciclo luz-oscuridad con una periodicidad de 24 horas), mientras que la traslación produce alteraciones que se manifiestan como las estaciones del año (Ciclo anual), donde cada estación posee unas características intrínsecas. Debido a que los organismos vivos se desarrollan en un medio expuestos a fluctuaciones ambientales rítmicas, han tenido que prosperar adaptaciones que les permitan sobrevivir y obtener una ventaja adaptativa (Aschoff, 1965; Postolache & Raheja, 2016).

1.1 La cronobiología y los ritmos biológicos

Debido a la variabilidad cíclica ambiental, se ha favorecido mediante selección natural a todos aquellos organismos que han desarrollado mecanismos oscilatorios de diversos procesos biológicos (Ciclo vigilia-sueño, cardiovascular, etc.) con una cierta regularidad. De esta manera, cuando se estudia durante un período suficientemente prolongado un determinado proceso orgánico en cualquier ser vivo, se contempla la alternancia de períodos de máxima y escasa o nula actividad. Estas oscilaciones regulares reciben el nombre de ritmos biológicos (Refinetti, 2018).

Los ritmos biológicos poseen una serie de características intrínsecas generales de las cuales las más importantes son el carácter endógeno e innato. Este hecho se puede explicar mediante la continuación no amortiguada del ritmo que corresponde a que el ritmo biológico persiste en condiciones ambientales constantes, entrando en un proceso conocido como curso libre (Esto implica que las señales ambientales no son impulsoras de la creación de los ritmos biológicos, sino sincronizadoras). Por tanto, se pueden definir los ritmos biológicos como acontecimientos cíclicos biológicos que suceden con una secuencia temporal regular dotados de persistencia en ausencia de aportación del entorno. La disciplina científica que tiene como objetivo el estudio de los ritmos biológicos se conoce como cronobiología. El término “cronobiología” proviene del griego kronos = tiempo, bios = vida, logos = ciencia y comenzó a desarrollarse alrededor de 1960 con la aportación de Franz Halberg, Colin Pittendrigh y Jurgen Aschoff llegando a una firme comprensión científica de las características y propiedades formales de los ritmos biológicos. El término de ritmo o variable rítmica se encuentra muy bien descrito en otras disciplinas científicas como las matemáticas o la física y los componentes que la forman pueden estudiarse mediante una función cosenoidal (Análisis del Cosinor). Los parámetros que la definen son (Figura 1): Período, Frecuencia, Mesor, Amplitud y Fase (Brown, 1976; D. A. Golombek, 2007; Pittendrigh, 1960; Postolache & Raheja, 2016; Turek & Takahashi, 2001).

Entre los parámetros que definen un ritmo biológico, los más utilizados son el período y la frecuencia. El período corresponde al tiempo que se tarda en hacer una oscilación completa mientras que la frecuencia corresponde a la inversa del período, definida como el número de ciclos por unidad de tiempo. En los estudios cronobiológicos la frecuencia más utilizada es la diaria (24 horas) y se pueden clasificar como: ritmos ultradianos, con una frecuencia mayor de un ciclo por día (<20 horas) como por ejemplo el ritmo cardiaco o el ritmo respiratorio; ritmos infradianos con una frecuencia menor de un ciclo por día (>28 horas) como por ejemplo los ciclos menstruales en humanos; ritmos circadianos con una frecuencia aproximada de 1 ciclo por día (>20 y <28 horas) como por ejemplo los patrones de actividad-descanso en la mayoría de vertebrados (Bailey et al., 2014).

Además de los comentados, se definen otros parámetros como: Mesor (Midline Estimating Statistic Of Rhythm) que representa el valor medio del ritmo para la variable estudiada; La amplitud, definida como la diferencia entre el valor máximo o mínimo y el valor medio (Mesor) y la fase que corresponde al valor de una variable biológica en un momento específico. Para caracterizar la fase, se suele determinar la hora del día en la que la variable estudiada alcanza su valor máximo, conocido como acrofase aunque también puede ser interesante determinar la hora del día en la que la variable estudiada alcanzó su valor mínimo, conocido como nadir (Madrid Pérez & Rol de Lama, 2015).

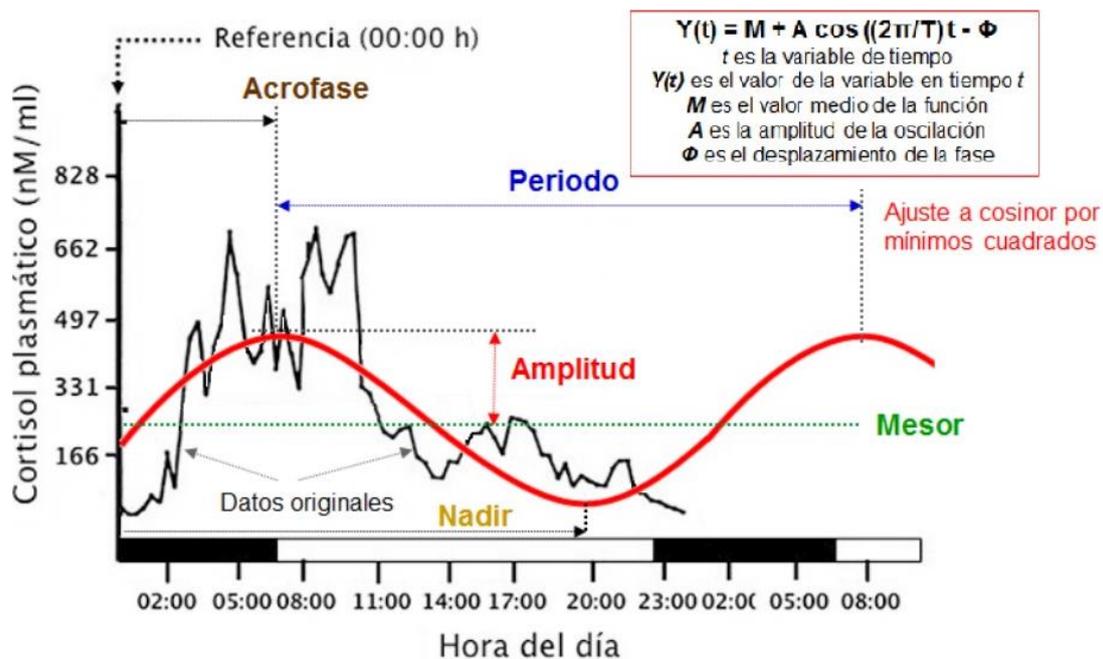


Figura 1: Datos originales del perfil circadiano del cortisol sérico utilizando el ajuste de la serie temporal a una función cosenoidal (Cosinor). En ella se indican los parámetros que definen los ritmos biológicos: Amplitud, mesor, fase (Acrofase y nadir) y período (Modificado de Touitou & Haus, 1992).

1.2 Organización del ritmo circadiano en mamíferos

De todos los ritmos biológicos, los ritmos circadianos han constituido los más indagados formalizándose a mediados del siglo XX gracias a los trabajos de Colin Pittendrigh y Jürgen Aschoff. El término “circadiano” fue impuesto por Halberg que proviene del latín *circa* = alrededor de y *dies* = día (Halberg, 1959). La aparición del sistema circadiano conformado por un conjunto de estructuras cerebrales y periféricas que generan y mantienen una ritmicidad sincronizada con los ciclos ambientales de 24 horas ha tenido una importancia fundamental en la supervivencia bajo la selección natural, favoreciendo a todos aquellos organismos que generaron y sincronizaron sus variables biológicas con un período aproximado a un día. En general, las diferentes especies suelen presentar cierta similitud en los mecanismos que conforman las bases moleculares del sistema circadiano, sin embargo, cabe destacar que existen diferencias anatómicas y funcionales entre ellos. Se han descrito 3 grandes componentes en los mamíferos (Figura 2): El marcapasos principal (Reloj biológico interno), las vías de entrada y las vías de salida. El marcapasos principal es una estructura que tiene la capacidad de generar oscilaciones rítmicas y coordinar la actividad de numerosos osciladores periféricos mediante señales nerviosas, hormonales (ritmos de melatonina y cortisol) y de temperatura central. Para que los ritmos del marcapasos principal se mantengan sincronizados con el ciclo ambiental de 24 h, es necesario que el ciclo de luz-oscuridad, vía de entrada fótica, sincronice diariamente su actividad (Madrid, 2015).

Otros sincronizadores no fóticos, como los ritmos de actividad, los contactos sociales y la alimentación colaboran, en menor medida que la luz, en la sincronización del marcapasos principal. Como resultado de la actividad de este marcapasos principal y de los osciladores periféricos aparecen los diferentes ritmos biológicos (vías de salida), como el de sueño-vigilia (Madrid, 2015).

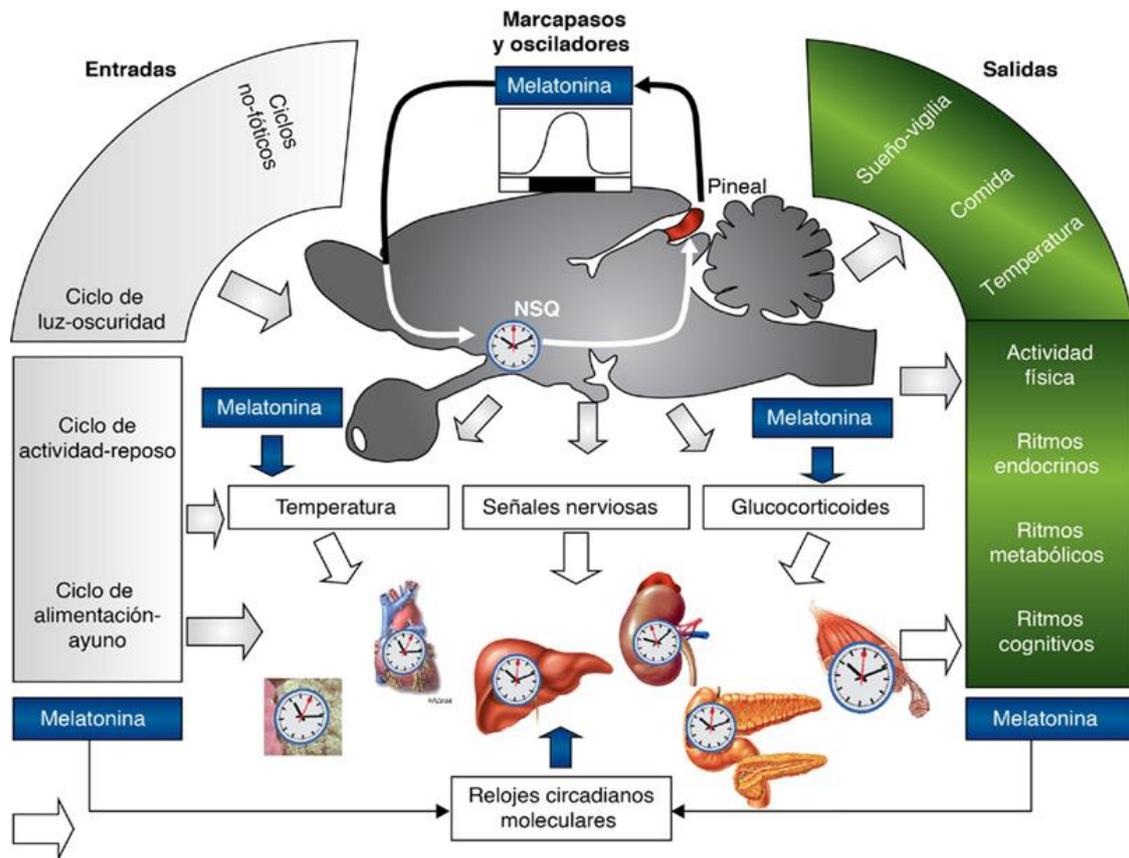


Figura 2: Visión general de la organización funcional del sistema circadiano en mamíferos. En él se muestran las señales de entrada encargadas de reajustar la fase del marcapasos central para que el periodo y la fase de los ritmos circadianos coincidan con el tiempo de las señales externas; El marcapasos central, en el caso de los mamíferos corresponde a los núcleos supraquiasmáticos (NSQ) que impulsan la ritmicidad circadiana en otras áreas cerebrales y tejidos periféricos enviándoles señales neurales y humorales (como la melatonina, segregada por la glándula pineal); Las salidas donde los relojes circadianos se encargan de los ritmos observados en las variables comportamentales, fisiológicas y bioquímicas; Osciladores periféricos localizados en tejidos y órganos fuera del sistema nervioso central y osciladores celulares autónomos y autosostenidos (Modificado de Hardeland et al., 2012).

1.2.1 El marcapasos central y osciladores periféricos

En mamíferos, el marcapasos principal está ubicado en los núcleos supraquiasmáticos (NSQ), situados en el hipotálamo ventral anterior (D. Golombek & Yanicelli, 2006). En esta estructura anatómica, se generan señales intrínsecas oscilatorias con un período cercano a las 24 horas. Se ha demostrado en experimentos en ratas que la ablación de los NSQ conlleva a la pérdida de numerosas funciones fisiológicas y conductuales, de tal manera que dichas funciones se presentan en un patrón al azar (Stephan & Zucker, 1972). Además, el trasplante de los NSQ en animales cuyos propios núcleos han sido extirpados da como resultado la restauración del ritmo manifiesto en el huésped arrítmico (Ralph & Lehman, 1991). En general, los NSQ tienen como más importante función la de dirigir la ritmicidad del ciclo sueño-vigilia así como todos aquellos procesos endocrinos y fisiológicos asociados para constituir la elaboración de un comportamiento adaptativo adecuado (Postolache & Raheja, 2016).

Además del mencionado, el sistema circadiano está compuesto por numerosos osciladores periféricos situados tanto en el propio cerebro (Por ejemplo el córtex cerebral) o en otros órganos y tejidos (Riñón, tejido adiposo...) generando oscilaciones de manera autónoma y comandados bajo el control del NSQ (Bailey et al., 2014; Hofman & Swaab, 2006; Madrid Pérez & Rol de Lama, 2015).

Cada especie posee un período endógeno intrínseco y en el caso de los seres humanos, el marcapasos central funciona automáticamente con un período ligeramente superior a las 24 h (Czeisler et al., 1999). Esto implica que para llevar a cabo una sincronización con los ciclos ambientales, los relojes biológicos han de sufrir un proceso conocido como encarrilamiento utilizando señales cíclicas externas que permitan su reajuste de manera periódica (Ortiz-Tudela et al., 2012). En general observamos que la organización temporal intrínseca humana se basa en la integración de sistemas multioscilladores organizados jerárquicamente a través de la interacción de los osciladores centrales y su retroalimentación de los ritmos periféricos, así como de las señales sistémicas, conductuales y ambientales (Figura 2). Sin embargo, la organización y los circuitos de los NSQ son complejos y comprenden muchos tipos de células diferentes, conexiones aferentes y eferentes, así como una expresión génica circadiana heterogénea y una señalización de neuropéptidos (Finger & Kramer, 2021).

Los sincronizadores o *zeitgeber* (Del alemán, “dador de tiempo”) son aquellos estímulos externos rítmicos que modifican el período en el que oscila el reloj endógeno y por tanto, provocan su encarrilamiento. El *zeitgeber* más importante para la mayoría de los organismos vivos corresponde al ciclo luz-oscuridad (Caracterizado por la intensidad, duración, espectro y horarios de exposición), sin embargo, existen otros eventos periódicos como el horario de comida o los contactos sociales que también son relevantes en la sincronización del reloj biológico (Figura 2) (Madrid Pérez & Rol de Lama, 2015; Martínez-Nicolás et al., 2013; Mendoza, 2007; Roenneberg et al., 2013).

1.2.2 Vías de entrada de la información

La importancia del ciclo luz-oscuridad es fundamental actuando como principal sincronizador del sistema circadiano humano y su información es transmitida hasta el marcapasos central mediante las vías de entrada. Su organización funcional tiene origen en la retina, donde la información de los cambios diurnos en la intensidad lumínica es recogidos y transmitidos por las células ganglionares de la retina intrínsecamente fotosensibles (ipRGC) hacia los NSQ y la lámina intergeniculada mediante el tracto retinohipotalámico (TRH). Las ipRGC son neuronas especializadas dentro de la retina que, a diferencia de otras, expresan el fotopigmento melanopsina, especialmente sensible a la luz azul del espectro visible. Estas neuronas presentan un alto grado de sensibilidad lumínica y no participan en la construcción de imágenes. De esta manera, la señal obtenida en la retina es capaz de transmitirse hasta los NSQ a través del TRH y con la información recibida, los NSQ controlarán gran parte de los ritmos circadianos del organismo (Figura 3) (Berson et al., 2002; Finger & Kramer, 2021; Postolache & Raheja, 2016).

1.2.3 La melatonina

El ciclo endógeno de la melatonina se trata de una de las señales mejor caracterizada que juega un papel muy importante en el ciclo sueño-vigilia. La síntesis de melatonina, una neurohormona secretada (Principalmente pero no únicamente) por la glándula pineal, está controlada por el marcapasos central y encarrilada al ciclo luz-oscuridad a través del tracto TRH y las ipRGC. Esta neurohormona se encuentra presente en gran parte de los dominios biológicos y es considerada como una señal de oscuridad.

La síntesis de melatonina presenta una regulación doble: por un lado, su síntesis se encuentra bajo el control de la estimulación noradrenérgica mediante una vía multisináptica simpática con relevos tanto en el núcleo paraventricular como en el ganglio cervical superior en condiciones de oscuridad, mientras que su inhibición se regula por la presencia de luz solar (Figura 3). En concreto, el bloqueo de la producción de melatonina se produce principalmente en el rango de la longitud de onda azul (458-484 nm). De esta manera, la melatonina presenta un ritmo circadiano donde sus máximos de producción se situarán en la noche mientras que durante el día presentará sus valores mínimos. Este hecho explica el por qué los organismos utilizan la secreción de melatonina como un reloj que indica la llegada de la noche así como las estaciones del año (Argüelles et al., 2015; Bonmatí Carrión & Argüelles, 2015; Brainard et al., 1997; Klein, 1985; Madrid Pérez & Rol de Lama, 2015).

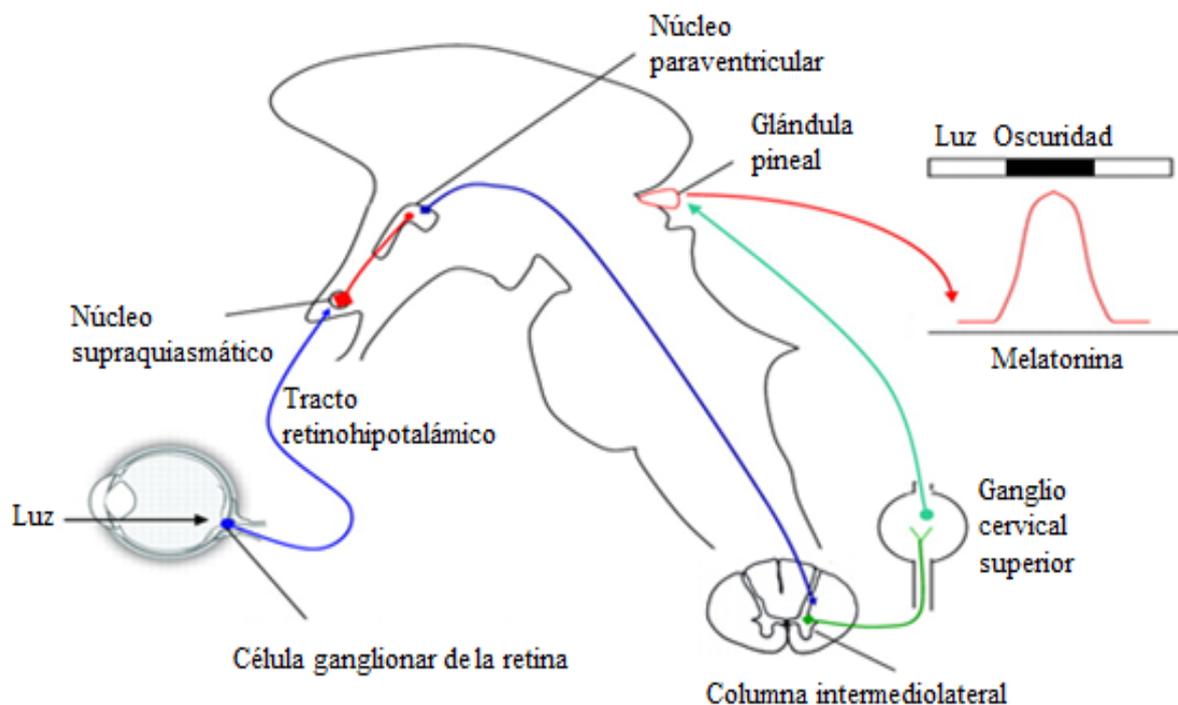


Figura 3: Regulación circadiana de la secreción de melatonina frente estímulos luminosos. La síntesis de melatonina se encuentra controlada por los NSQ cuya actividad se encuentra encarrilada por el ciclo luz-oscuridad a través del TRH y de las ipRGC provistas de melanopsina. Durante la noche mediante una vía multisináptica simpática que hace relevo en el núcleo paraventricular y en el ganglio cervical superior se libera noradrenalina permitiendo la síntesis de melatonina en la glándula pineal (Argüelles et al., 2015; Bonmatí Carrión & Argüelles, 2015; Poza et al., 2018).

1.2.4 Vías de salida y manifestación de los ritmos biológicos

Una vez llevada a cabo la entrada de la información y haber atravesado por el marcapasos central, se transmite la información a otros centros neuroendocrinos y órganos periféricos mediante señales neurales, humorales y sistémicas para regular patrones de comportamiento, sueño-vigilia y temperatura corporal entre otros (Figura 2). Este proceso se realiza mediante proyecciones tanto directas como indirectas a otras regiones del cerebro y encéfalo. En concreto se dirigen a regiones hipotalámicas, área preóptica, cerebro anterior y tálamo como por ejemplo el eje hipotálamo-hipofisarios-suprarrenal o la glándula pineal (Corresponde a uno de los más estudiados) entre otros. (“Cronobiología Médica. Fisiol. y Fisiopatol. Los Ritmos Biológicos,” 2009; Poza et al., 2018).

1.3 La rutina diaria como *zeitgeber*

La sucesión de cambios luz-oscuridad corresponde a un proceso que ha condicionado el comportamiento y rutina humana históricamente. Sin embargo, hoy en día, el comportamiento humano ha variado viéndose obligado a adaptarse a un determinado estilo de vida social, familiar y ocupacional. Los *zeitgebers* sociales constituyen otro importante sincronizador de los ritmos circadianos humanos y se han definido como todas aquellas relaciones personales, demandas sociales o tareas que sirven para sincronizar los ritmos biológicos (Ehlers et al., 1988). Es por ello por lo que las actividades psicosociales, como el trabajo, la escuela, las comidas, el ejercicio y la recreación actúan como señales sociales o *zeitgebers* sociales (Elmore et al., 1994). La importancia de los ritmos sociales y de actividad en un estilo de vida constante y organizado es fundamental para contribuir en una mejora de la calidad del sueño y en su influencia del ritmo circadiano sueño-vigilia (Zisberg et al., 2010).

1.4 Cronodisrupción y ritmos circadianos en el envejecimiento

Se define la cronodisrupción (CD) como la ruptura de la relación de fase normal entre los ritmos circadianos internos y los ciclos de 24h del medio ambiente. Es una alteración relevante del funcionamiento del sistema circadiano; es decir del orden temporal interno de los ritmos circadianos bioquímicos, fisiológicos y del comportamiento, que causa la aparición de diferentes patologías, o que predispone a ellas (Garaulet & Madrid, 2010). La sociedad actual favorece un modo de vida con mayor actividad nocturna, disminución de las horas de sueño y, en ocasiones, desplazamientos horarios (tales como *jet-lag* o trabajo a turnos) que generan CD, la cual puede conducir a un envejecimiento prematuro.

Desde un punto de vista práctico, la CD se detecta como una reducción de la amplitud de los ritmos (Figura 4), a veces incluso como la pérdida total de los mismos, mientras que en otros casos se caracteriza por una desincronización interna que es un desfase anómalo entre diferentes ritmos que deben mantenerse sincronizados entre sí para que los procesos fisiológicos se mantengan inalterados. (Lucas Sánchez et al., 2015; Ortiz-Tudela et al., 2012).

1.4 Envejecimiento de los ritmos circadianos

El sistema circadiano, al igual que el resto de las estructuras y órganos del organismo, se encuentra sujeto a una maduración y cambios desde el nacimiento del individuo hasta alcanzar una etapa adulta estable. Inevitablemente con el paso del tiempo, se comienza a alterar el correcto funcionamiento del reloj biológico y se producen alteraciones bidireccionales donde el envejecimiento altera los ritmos biológicos y una alteración de estos promueve una aceleración de los síntomas de envejecimiento (Figura 5) (Duffy et al., 2015).

Se espera que la población de adultos mayores de 65 años se duplique entre 2010 y 2050 pasando del 8% al 16% de la población mundial. Adicionalmente, la población de edad avanzada es muy susceptible a trastornos del sueño y se estima que el 42% de las personas mayores de 65 años presenta una disminución de la eficiencia del sueño, tiempo de sueño total y dificultades para conciliar y mantener el sueño. Por lo tanto, el envejecimiento, responsable de múltiples cambios y alteraciones a nivel fisiológico y comportamental incluido el sistema circadiano, implica un deterioro del estado de salud (Ancoli-Israel & Ayalon, 2006; Duffy et al., 2015; Lucas Sánchez et al., 2015).

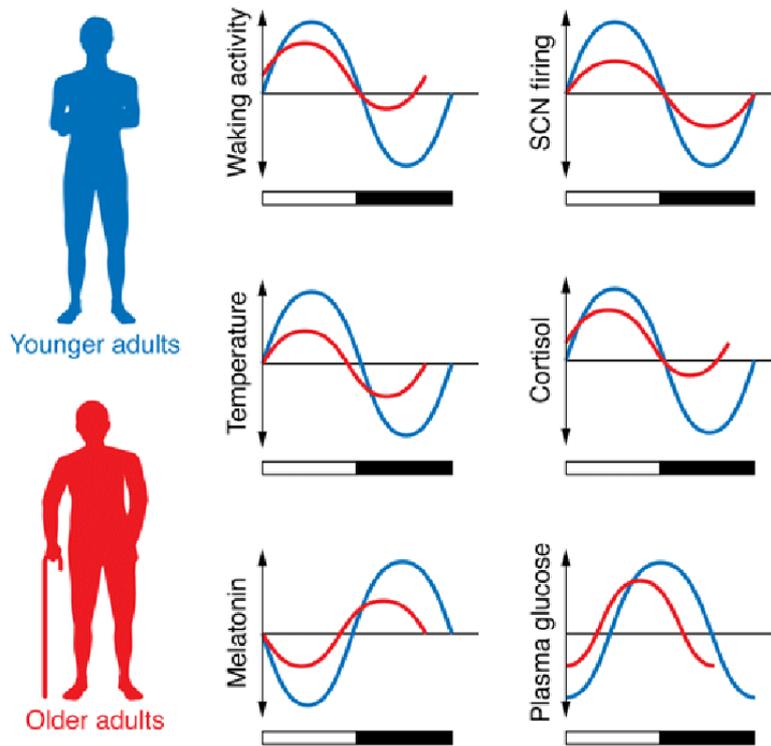


Figura 4: Comparación de los ritmos circadianos de adultos ancianos (Líneas rojas) y de adultos jóvenes (Líneas azules). Se observa una disminución de la amplitud en los ancianos, debido a la alteración de los ritmos en el envejecimiento. (Hood & Amir, 2017).

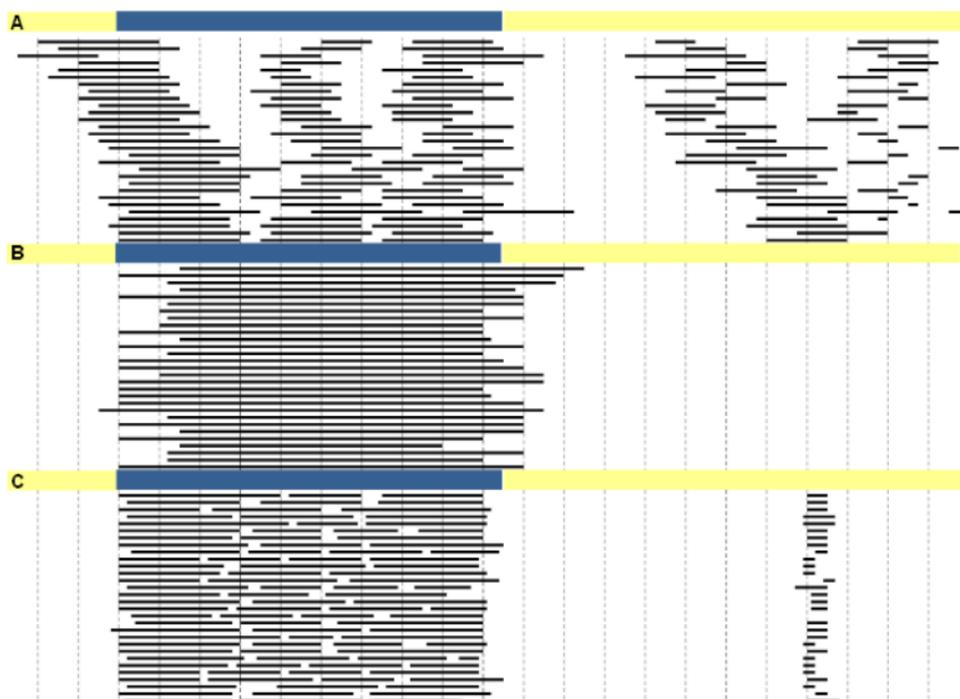


Figura 5: Representación de la maduración del ritmo sueño-vigilia en humanos donde las barras azules y amarillas indican oscuridad y luz respectivamente. Cada día se representa de manera horizontal y la presencia de líneas indica un período de sueño. (A) Representación del ritmo sueño-vigilia en un recién nacido. (B) Ritmo sueño-vigilia en un adulto sano. (C) Ritmo sueño-vigilia en un anciano (Lucas Sánchez et al., 2015).

Durante el envejecimiento se reduce la sincronización entre los ritmos endógenos y ambientales. Varios motivos pueden ser los desencadenantes de esta CD, entre ellos: Una disminución de la información luminosa que llega a nuestro reloj biológico mediante cambios que dependen de la claridad óptica del ojo, como por ejemplo una reducción del área pupilar y una pérdida de la capacidad de transmitir el espectro azul de la luz visible; Por otro lado encontramos deterioros con un papel importante como atrofia neuronal de los NSQ; El descenso de los niveles de melatonina nocturna asociada a un deterioro (Calcificación) de la glándula pineal (Figura 6) o una afectación de la integridad neuronal de las vías visuales (Lucas Sánchez et al., 2015). Dado que el ritmo vigilia-sueño y actividad-reposo se encuentran estrechamente ligados, las consecuencias clínicas de una exposición insuficiente a la luz se manifiestan sobre todo en un aumento de la latencia de sueño, fragmentación del sueño y somnolencia diurna. Además, a nivel general se ha demostrado que la CD puede inducir aumentos de la incidencia en el deterioro cognitivo, enfermedades cardiovasculares y déficits sensoriales y motores entre otros (Ortiz-Tudela et al., 2012). La fragmentación e incremento del número de siestas así como la aparición del síndrome de avance de fase representan alteraciones frecuentes del ritmo vigilia-sueño en personas mayores (Madrid et al., 2009).

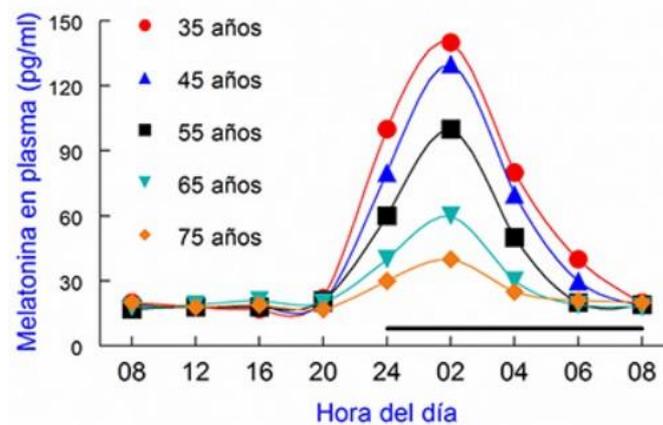


Figura 6: Cambios en la concentración sérica de melatonina con la edad. Actualmente se considera que el proceso de envejecimiento empieza alrededor de los 40 años junto con descensos en la producción de melatonina. El descenso se hace de manera proporcional desde la juventud hasta la vejez llegando a una producción mínima insuficiente para regular los ritmos circadianos (Escames & Acuña-Castroviejo, 2009).

La gran mayoría de trabajos se centran en el estudio de la relación entre la exposición lumínica, el estilo de vida y la CD en ancianos institucionalizados. Por ello, no existen suficientes investigaciones que pongan de manifiesto si el incremento de movilidad y exposición lumínica, junto con la socialización de ancianos que viven de manera autónoma y bajo su propia rutina diaria, sean capaces de actuar mejorando el ritmo circadiano sueño-vigilia reduciendo la aparición de la CD.

Por consiguiente, en el siguiente trabajo de fin de grado se pretende realizar un estudio de la interacción entre la estabilidad en la rutina diaria y una adecuada exposición lumínica de alumnos independientes y autónomos escolarizados en la Universidad abierta para Mayores (UOM) sobre las variables cronobiológicas y el ritmo circadiano sueño-vigilia.

2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

Hipótesis:

Uno de los principales problemas que afronta la población anciana reside en dificultades a la hora de conciliar y mantener el sueño. La fragmentación e inestabilidad presente se relaciona con alteraciones del sistema circadiano sueño-vigilia conduciendo a trastornos cronobiológicos asociados a cambios que se producen en el envejecimiento.

Un estilo de vida regular en cuanto a ritmos de actividad-reposo, exposición a la luz durante el día, horario de comidas y contactos sociales, unido a una alimentación equilibrada y a una calidad de sueño aceptable, es fundamental para evitar el desarrollo de CD y consecuentemente poder tener un envejecimiento más saludable.

Por lo tanto, cabe esperar que aquellos ancianos no dependientes y autónomos con una rutina diaria estable (como la de escolarización) y adecuada exposición a la luz durante el día y a la oscuridad durante la noche presentarán mejor ajuste del ritmo circadiano sueño-vigilia, una mayor calidad del sueño y por lo tanto una buena calidad de vida.

Objetivo principal:

El objetivo de este proyecto es estudiar el ritmo sueño-vigilia en ancianos sanos residentes en Mallorca, con una rutina diaria similar, dado que estaban escolarizados en la UOM en el mes de noviembre del 2020.

Objetivos específicos:

- 1) Evaluar de manera objetiva los parámetros circadianos de temperatura corporal periférica (TCP), actividad motora (AM) y la exposición de luz incidente (IL) e indirectamente del sueño registrado en alumnos de la UOM.
- 2) Calcular y analizar los índices principales de los parámetros cronobiológicos: regularidad, fragmentación, amplitud y robustez de los ritmos de TCP, AM e IL de los alumnos de la UOM.
- 3) Evaluar los cronotipos establecidos en los alumnos mediante el cuestionario de matutinidad-vespertinidad de Horne y Östberg y las agendas del sueño de los alumnos.

3. METODOLOGÍA

3.1 Participantes

Se evaluó a 10 personas mayores y sanas con una media de edad de 65 años (Entre 61 y 84 años). Los participantes evaluados no presentaron problemas de movilidad, eran residentes en Mallorca en domicilios independientes y autónomos con una rutina diaria similar entre ellos ya que se encontraban escolarizados en la UOM de la Universidad de las Islas Baleares (UIB). De todos los posibles participantes se llevó a cabo una selección mediante unos rigurosos criterios que permitieron decidir si se podían incluir o excluir al estudio:

• Criterios de inclusión:

- Alumnos sanos y mayores de 60 años que formaban parte de la UOM y acudían a clase regularmente.
- Alumnos no institucionalizados, autónomos e independientes que residían en un domicilio solos.
- Alumnos que no presentaron deterioro cognitivo ni problemas de movilidad y que estaban de acuerdo con el consentimiento informado del Comité de Ética de la investigación de las Islas Baleares (CEI-IB).

• Criterios de exclusión:

- Alumnos que consumieran alcohol (>24 g/día en mujeres, >40 g/día en hombres) u otras drogas de abuso.
- Alumnos a los que se le diagnosticó trastorno de sueño o alguna enfermedad que altere el ritmo sueño-vigilia.
- Alumnos con alguna medicación que alterase el ritmo sueño-vigilia.
- Alumnos con movilidad reducida dependientes para las actividades de la vida diaria.
- Alumnos con algún trastorno orgánico y/o psiquiátrico diagnosticado.

A los alumnos que finalmente formaron parte del estudio se les comunicó los objetivos y procedimientos que se llevarían a cabo. Se firmó un consentimiento informado del CEI-IB en el que se indicaba que los alumnos que formaban parte del estudio podían abandonar en cualquier momento de manera voluntaria. Los datos recopilados fueron acatados por la Ley Orgánica 15/1999 de Protección de Datos de Carácter Personal (BOE nº 298, de 14 de diciembre de 1999).

3.2 Institución

Los alumnos que participaron en el estudio vivían en su domicilio y se encontraban escolarizados en la UOM. De esta manera, se consiguió que los diferentes alumnos tuvieran un periodo de rutina similar entre ellos cuando asistían a la UOM (Tres días por semana y con un horario de 17h a 19h) sin estar sujetos el resto del tiempo libre a un horario regular entre ellos.

3.3 Materiales e instrumentos

Uno de los objetivos centrales en este trabajo fue el de llevar a cabo un estudio y medición del funcionamiento del sistema circadiano humano en personas mayores dada su importancia en el mantenimiento de la salud. El principal desafío que aparece a la hora de evaluar el sistema circadiano humano reside en la dificultad del monitoreo de múltiples variables y su interferencia en la rutina diaria del individuo de estudio. El estudio del reloj circadiano de manera directa resulta imposible debido a su localización dentro del cerebro. Sin embargo, se pueden utilizar la manifestación de los ritmos que dependen de este reloj principal de manera fiable y cómoda como sistemas de referencia sin necesidad de emplear técnicas invasivas (Touitou & Haus, 1992). Adicionalmente, es importante que los ritmos a estudiar se puedan medir durante varios días completos con una gran frecuencia de muestreo para disminuir la variabilidad relacionada con el estilo de vida personal (Sarabia et al., 2008).

Este problema se solucionó gracias a la utilización de un dispositivo, el Kronowise KW6 (Kronowise©, Universidad de Murcia). Este dispositivo en forma de reloj de muñeca (Figura 7) corresponde a un multisensor que permite llevar a cabo la monitorización ambulante de diferentes parámetros circadianos de una forma no invasiva, cómoda y sin interferir en la rutina diaria del individuo. El dispositivo se colocó en la mano no dominante de todos los alumnos que formaron parte del estudio durante una semana de manera continua (Se retiraba puntualmente para aseo o higiene personal debido a posible daño electrónico).



Figura 7: Dispositivo multisensor de muñeca Kronowise KW6 (Kronowise©, Universidad de Murcia) utilizado para la obtención de los registros utilizados para evaluar los parámetros circadianos.

El dispositivo multisensor Kronowise KW6 es capaz de detectar la TCP (°C), la IL en 3 bandas espectrales (Log Lux) (Luz visible, azul de 460–490 nm e infrarrojo, > 800 nm) y AM. La AM se detectó gracias a la presencia interna de un acelerómetro de tres ejes tipo MEMs, la TCP se detectó gracias a un sensor de temperatura tipo chip y la IL a la que los alumnos estaban expuestos se detectó gracias a un sensor de luz ambiental digital que permite la captación de las tres bandas espectrales.

El registro de los datos se llevó a cabo cada 30 segundos y poseía una capacidad máxima de registro de 42 días y 20 horas, con posibilidad de recargar la batería por micro-USB junto con unos indicadores LED que muestran el estado de carga del dispositivo. Además, el dispositivo presentó un software específico para llevar a cabo la descarga y procesamiento de los datos que se han registrado.

Uno de los ritmos de referencia más empleado y caracterizado corresponde al ritmo de la temperatura corporal central (TCC), encargado de proporcionarnos un equilibrio entre la producción y pérdida de calor durante el día. En concreto, durante la noche (Período de descanso) se encuentran los valores de TCC más bajos mientras que durante el día (Período de actividad) se encuentran los valores máximos (Krauchi & Wirz-Justice, 1994). La descripción conocida de este ritmo junto con su importante correlación con el ritmo de sueño-vigilia lo hacen un ritmo muy adecuado para el estudio del sistema circadiano humano. Sin embargo, se ha propuesto la TCP como una sustitución del ritmo de TCC por presentar evidentes ventajas en la realización del registro. Al tratarse de un método más cómodo y menos intrusivo se consigue la obtención de un registro continuado durante un período prolongado con una mínima interrupción de las actividades diarias del individuo (Ortiz-Tudela et al., 2010; Sarabia et al., 2008). La TCP presenta una relación inversa a la TCC, alcanzando sus valores mínimos durante el día y máximos durante la noche, relacionados también con la intensidad y exposición lumínica. Así, una mayor IL está asociada con periodos de actividad y por tanto con una menor TCP (Bracci et al., 2016). Puesto que la relación entre la TCP, la IL y el ritmo sueño-vigilia es tan importante, un correcto contraste lumínico con altas intensidades durante el día y nulas durante la noche son imprescindibles para evitar desajustes del ritmo sueño-vigilia (Ortiz-Tudela et al., 2012; Van Someren, 2004). Por otro lado, el registro de la AM, tradicionalmente evaluado exclusivamente con el estudio del sueño y sus alteraciones, se puede estudiar mediante actigrafía. La actigrafía corresponde a un método de medida del ciclo sueño-vigilia no invasivo en el que se obtienen actogramas que representan períodos donde el individuo está activo y no activo (Dormido). Normalmente, como se realizó en este estudio, el dispositivo que contaba con un acelerómetro para la detección de la actividad se colocó en la muñeca de la mano no dominante (Ortiz-Tudela et al., 2010). Los ritmos marcadores comentados anteriormente corresponden a ritmos completamente fiables, sin embargo, es conveniente el registro de otras variables como la IL que puedan ejercer un efecto modulador sobre los ritmos comentados. Por ello, se recomienda registrar más de un ritmo marcador con el fin de corregir posibles imprecisiones en las variables de estudio.

Una vez se ha producido el registro de todas las variables en un período de tiempo de una semana, se recogieron los dispositivos Kronowise (KW6) y se extrajeron los datos. Se utilizó el software Kronoware desarrollado por el Laboratorio de Cronobiología de la Universidad de Murcia que permite una representación de las variables estudiadas a nivel gráfico (Figura 8A) o en forma de tabla de datos. En primer lugar, se realizó una inspección visual de las variables obtenidas con el fin de confirmar que los registros se hubieran llevado a cabo adecuadamente. Una vez se revisaron los registros se eliminaron todos aquellos períodos temporales de la secuencia de tiempo en la que un participante no llevaba puesto el dispositivo. Una vez que todos los archivos habían sido modificados, el software Kronoware nos ofrecía la posibilidad de calcular los principales parámetros usados en los estudios cronobiológicos. El análisis de datos nos mostraba los principales parámetros de las variables TCP (°C), IL (Log lux), AM (Suma G en 30 seg) y el tiempo en movimiento (s/30 s) y los respectivos parámetros calculados (Figura 8B) (Madrid Pérez & Rol de Lama, 2015).

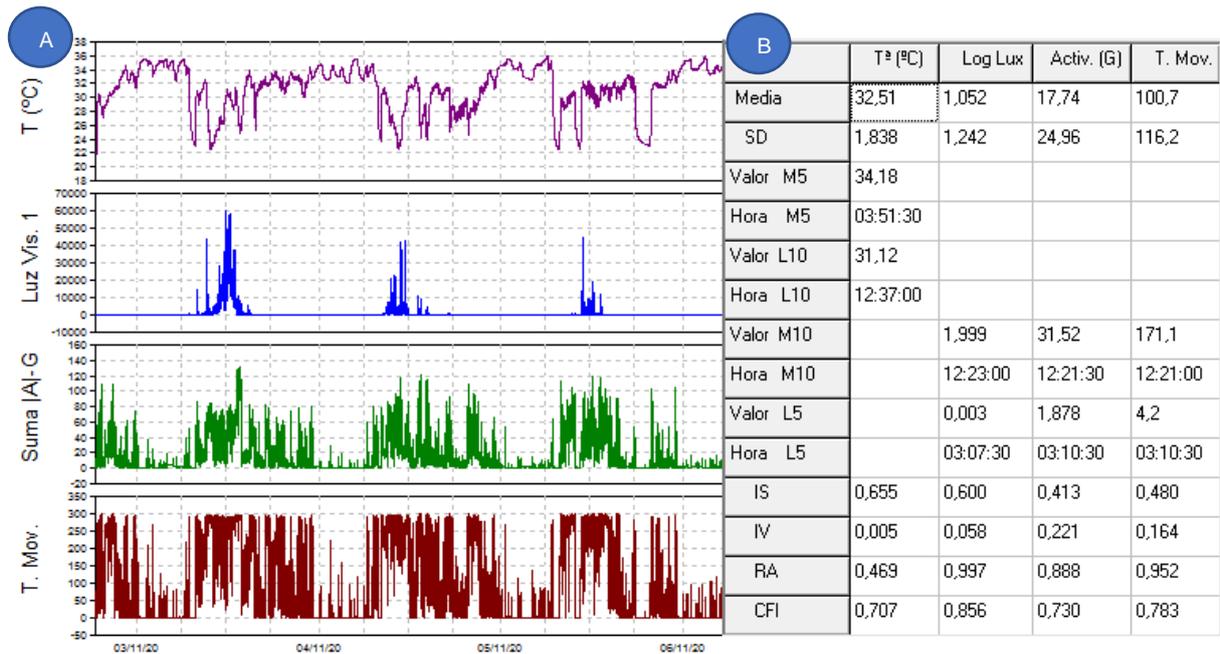


Figura 8: Utilización del software Kronoware donde: (A) Representación visual de las variables estudiadas con el dispositivo Kronowise (KW6). Además de la representación total del registro se puede complementar con una visualización concreta de un período temporal y un cambio de las variables a observar. (B) Análisis de datos paramétrico y no paramétrico realizado por el software.

El análisis realizado por el software Kronoware nos arroja los siguientes parámetros circadianos calculados:

- Media y desviación estándar (SD) de las diferentes variables registradas.
- Índice de estabilidad interdiaria (IS): Índice que pone de manifiesto la regularidad del ritmo entre días. Su rango oscila entre 0 (Mínima regularidad) y 1 (Máxima regularidad).
- Índice de variabilidad intradiaria (IV): Índice que muestra la fragmentación del ritmo. Su rango oscila entre 0 (Variable estudiada con una mínima fragmentación y por tanto se ajusta perfectamente a la onda cosenoidal) y 2 (Variable estudiada con una máxima fragmentación).
- Amplitud relativa (RA): Para poder calcular la amplitud relativa en el caso de la TCP se requiere de la diferencia entre M5 (5 horas consecutivas de valores máximos) y la L10 (10 horas consecutivas de valores mínimos) entre la suma de M5 y L10. Por el otro lado, tanto para la AM, tiempo en movimiento y la IL, se requiere de la diferencia entre M10 (10 horas consecutivas de valores máximos) y L5 (5 horas consecutivas de valores mínimos) entre la suma de M10 y L5. En todos los casos, una amplitud elevada resulta un indicador de un buen ritmo.
- Índice de función circadiana (CFI): Índice que muestra la robustez de un ritmo calculado a través de la IV, IE y AR. Su rango oscila entre 0 (Poca robustez, no hay ritmicidad circadiana) y 1 (Mucha robustez) (Ortiz-Tudela et al., 2010).

Los ritmos que se pretenden estudiar no siguen siempre un ritmo cosenoidal, es por ello por lo que se realizó un análisis no paramétrico basado en el cálculo el CFI. Todos los parámetros expuestos anteriormente se obtuvieron de forma individual para cada uno de los 10 alumnos de estudio. A partir de estos valores es posible obtener el promedio de todos los alumnos para los diferentes parámetros y expresarse como media \pm SD.

- **Cuestionario de matutinidad-vespertinidad de Horne y Östberg**

La mayoría de las personas poseen diferentes preferencias horarias cuando se realizan actividades diarias y, por tanto, presentan diferente capacidad para estar activos y alerta durante el día. Esta característica diferenciadora entre personas se denomina cronotipo. El cronotipo de una persona se puede clasificar en 3 tipos: El matutino (Madrugador), vespertino (Nocturno o trasnochador) e indefinido. El cronotipo matutino es característico de personas activas durante las primeras horas del día y que tienden a levantarse y dormir temprano desarrollando gran parte de su actividad física y mental por las mañanas. En contraposición, encontramos el cronotipo vespertino, con un estado de alerta y actividad hacia horas tardías de la noche (Incluso las primeras horas del día siguiente). Se caracterizan por presentar una mayor actividad hacia las horas finales del día y primeras de la noche. Finalmente encontramos el cronotipo indefinido con unas características intermedias y una capacidad de adaptación sin dificultad a cualquier horario. (Martin et al., 2012; Ortega et al., 2018).

La determinación del cronotipo se realizó mediante el cuestionario de matutinidad-vespertinidad de Horne y Östberg (1976) (Horne & Ostberg, 1976). El cuestionario consta de 19 preguntas sobre horarios de realización de actividades cotidianas y las preferencias del sujeto a la hora de realizar actividades. El cuestionario posee un sistema de puntuación determinado por las 19 preguntas anteriores que oscila desde 16 (Mínima puntuación) hasta 86 (Máxima puntuación). Con esta puntuación se establecen los diferentes cronotipos: Vespertino: <41 puntos; intermedio: Entre 42-58 puntos y matutino: >59 puntos (Ortega et al., 2018).

- **Agenda del sueño**

A lo largo de la semana que duró el registro de los diferentes parámetros cronobiológicos de la TCP, AM e IL, los alumnos rellenaron también una agenda de sueño (Anexo 2). En ella indicaron la hora de dormir, la hora del despertar, los despertares nocturnos así como las siestas. Esta información, junto con el cuestionario de Horne y Östberg (Anexo 1), permitió el análisis subjetivo de la cantidad y calidad del sueño.

No todos los alumnos de la UOM participaron en el estudio de la interacción entre la rutina diaria y la exposición lumínica sobre las variables cronobiológicas y el ritmo circadiano sueño-vigilia. Como se ha comentado anteriormente, 10 alumnos fueron escogidos y llevaron el dispositivo Kronowise (KW6) de monitorización ambulatoria circadiana. Sin embargo, para este apartado contamos con los datos de 16 alumnos. De esta manera, al recoger más datos, podemos tener una idea de la tendencia cronotípica circadiana conforme se produce el envejecimiento.

4. RESULTADOS

Cada uno de los alumnos fue monitorizado durante una semana completa obteniéndose simultáneamente los registros de las variables de TCP ($^{\circ}\text{C}$), IL (Log lux), AM (Suma G en 30 seg) y el tiempo en movimiento (s/30 s) mediante el dispositivo Kronowise (KW6). A partir de los registros de estas variables se hizo posible el cálculo de diferentes parámetros cronobiológicos que tienen importancia en la valoración del grado de CD mediante tratamiento y análisis de los datos con el software Kronoware.

• Representación de la TCP, AM e IL

En la figura 9 se presentan los promedios de los resultados de TCP, AM e IL en un ciclo de 24 horas para los alumnos estudiados. Puede observarse que los ritmos de TCP, AM e IL bien marcados y sincronizados. La TCP, en fase opuesta con la TCC, es claramente elevada durante la noche y baja durante el día, lo que concuerda con el ritmo habitual de esta variable en personas sanas y sin problemas de CD. Se observa un descenso a primera hora de la mañana propio del momento de despertar y un aumento en el momento de acostarse.

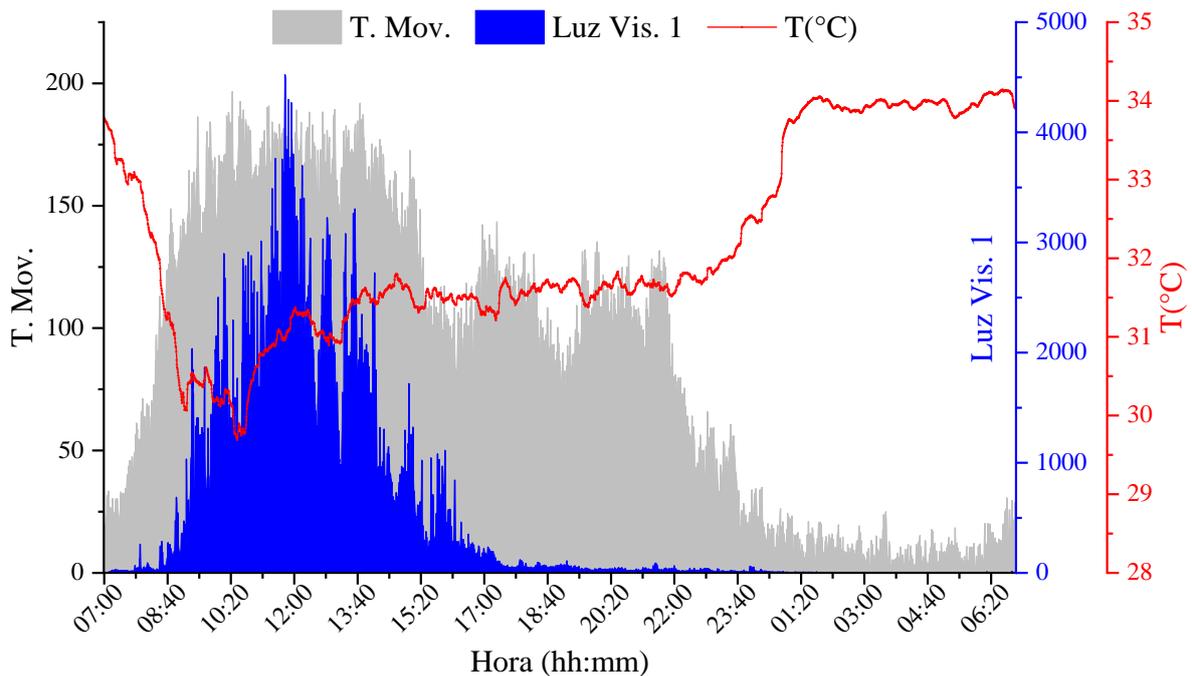


Figura 9: Promedio de los valores de IL total (Lux), TCP ($^{\circ}\text{C}$) y AM (Suma de G en 30 seg.) de todos los alumnos en un ciclo de 24 horas ($n=10$).

Del mismo modo, los niveles de actividad aparecen con más amplitud durante el día (Periodo de vigilia) y con menos amplitud durante la noche, lo que indica una buena calidad de reposo y por lo tanto del sueño. La actividad se prolongó a lo largo del periodo oscuro porque los registros fueron realizados durante el mes de noviembre.

En lo que concierne la exposición a la luz azul, se aprecia también un ritmo bien claro entre el día y la noche, con unos máximos al medio día, una bajada significativa hacia las 16h aproximadamente (Durante su estancia en la UIB) y unos mínimos a partir de las 18h (Mes de noviembre).

- **Exposición lumínica y contraste luz-oscuridad**

Como se ha demostrado anteriormente, un correcto contraste lumínico con altas intensidades durante el día y nulas durante la noche son imprescindibles para evitar desajustes del ritmo sueño-vigilia y por tanto están implicados en la calidad y bienestar general de vida (Ortiz-Tudela et al., 2012; Van Someren, 2004). A continuación, se muestran los valores de IL del espectro de luz visible total promedio a la que han estado expuestos los alumnos junto con los valores de intensidad lumínica del espectro de luz visible azul (460–490 nm) (Figura 10). En la figura podemos observar cómo los valores máximos de IL total se obtienen durante gran parte de la mañana llegando a sus valores máximos a mediados del día. A medida que avanza el día, se observa una progresiva bajada de la IL llegando a valores mínimos y próximos a 0 en los períodos de descanso (Noche).

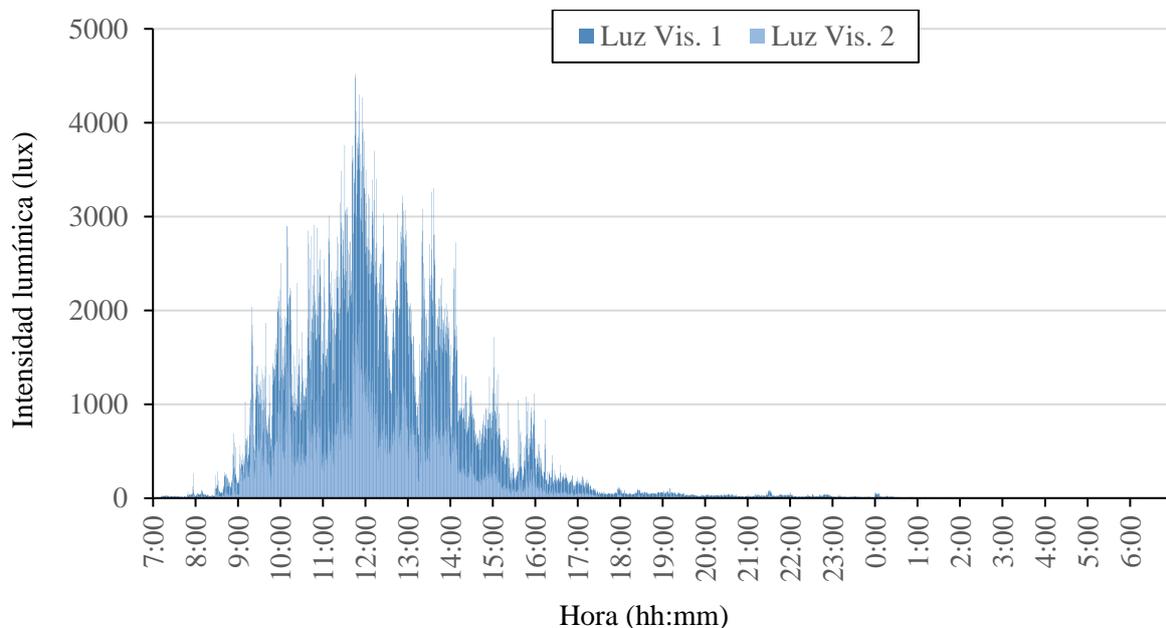


Figura 10: Promedio de los valores de IL tanto total como del espectro de la luz visible azul (460–490 nm) de todos los alumnos de estudio en un ciclo de 24 horas (n=10). Luz vis. 1: Espectro de luz visible total; Luz vis.2: Espectro de luz visible azul.

Este gran contraste de IL que tiene su inicio hacia las 9:00 h hasta las 19:00 h comparadas con las bajas intensidades lumínicas en los períodos de descanso posee un efecto positivo para la manutención del ritmo sueño-vigilia. Por otro lado, se destaca la importancia de la luz visible azul (460–490 nm) debido a que se trata de una importante variable que afecta a la síntesis de melatonina y en consecuencia, afecta al ritmo sueño-vigilia (Luz vis. 2). Se puede observar claramente que sus niveles de intensidad durante los períodos de descanso son mínimos y sus máximos de intensidad se encuentran estrechamente acompañados con la luz visible 1 (Espectro total).

- **Registro de los parámetros cronobiológicos**

Los diferentes parámetros de interés (Índice de estabilidad interdiaria, índice de variabilidad intradiaria, amplitud relativa y índice de función circadiana) se calcularon para cada uno de los alumnos que formaban parte del estudio. A partir de los datos de cada uno de los alumnos se calcula un promedio de cada variable y para cada parámetro circadiano con el fin de obtener una idea general de la regularidad, fragmentación, amplitud y robustez de los ritmos. Teniendo en cuenta la edad de los alumnos, los valores del IS muestran una regularidad del patrón circadiano tanto en la TCP como en la AM. Del mismo modo, el valor de IV, es decir, la frecuencia y extensión de las transiciones entre períodos de valores altos y bajos de la variable dentro de cada día, es bajo para el ritmo de la AM y muy bajo para el ritmo de la TCP. Para la RA, que es la diferencia entre M5 y L10 en la TCP, se muestra un valor algo bajo. Mientras que en el caso de la AM (Valor M10 y L5) muestra un valor alto. El CFI que se utiliza para poder clasificar a los individuos de acuerdo con su estado de función circadiana, muestra, en todas las variables registradas, unos valores más próximos a 1, un ritmo circadiano robusto, que a 0, que indica ausencia del ritmo.

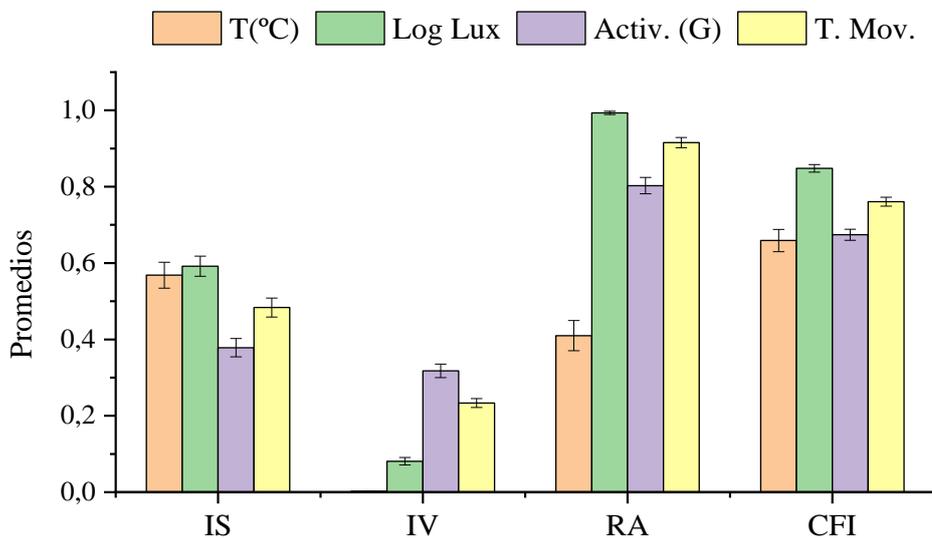


Figura 11: Promedio y SEM (Standard error of the mean, obtenido a partir de la SD) del análisis paramétrico y no paramétrico de las variables de TCP ($^{\circ}$ C), IL (Log lux), AM (Suma G en 30 seg) y el tiempo en movimiento (s/30 s) de un conjunto de alumnos pertenecientes a la UOM (n=10). IS: Índice de estabilidad interdiaria (Oscila entre 0, Mínima regularidad, y 1, Máxima regularidad); IV: Índice de variabilidad intradiaria (Oscila entre 0, variable estudiada con una mínima fragmentación, y 2, variable estudiada con una máxima fragmentación); RA: Amplitud relativa (Oscila desde 0, poca amplitud, a 1, máxima amplitud); CFI: Índice de función circadiana (Oscila entre 0, Poca robustez, y 1, Mucha robustez).

En la siguiente tabla (Tabla 1), se presentan para cada una de las variables de estudio, los parámetros para el cálculo de la RA. Como se ha comentado anteriormente, en el caso de la TCP se utilizan los valores de M5 y L10 mientras que, para el caso de la AM, tiempo en movimiento e IL se utilizan los valores de M10 y L5. Recordemos que los valores de M5 y M10 representan las 5 y 10 horas consecutivas de valores máximos respectivamente mientras que los valores de L5 y L10 representan las 5 y 10 horas consecutivas de valores mínimos respectivamente. Estos parámetros representan la media de un conjunto de horas con unos determinados valores (Máximos o mínimos) y, por tanto, no podemos asumir su comportamiento como acrofase o nadir (Tanto la acrofase como el nadir se incluyen en la serie temporal, pero equivalen a un valor concreto y a una hora concreta).

Sin embargo, se pueden utilizar para estimar aquellas series temporales donde la variable a estudiar se encontraba en sus valor máximos o mínimos.

VARIABLES DE ESTUDIO	Valor M5	Tiempo M5 (hh:mm)	Valor L10	Tiempo L10 (hh:mm)
Temperatura Corporal Periférica (° C)	34,18 ± 0,47	3:51 ± 1:29	31,46 ± 0,69	14:52 ± 2:21
VARIABLES DE ESTUDIO	Valor M10	Tiempo M10 (hh:mm)	Valor L5	Tiempo L5 (hh:mm)
Luz Visible (Log Lux)	1,68 ± 0,41	13:30 ± 00:41	0,0059 ± 0,01	3:40 ± 1:03
Tiempo en Movimiento (s/30 s)	144,83 ± 21,09	13:49 ± 1:10	5,75 ± 2,33	4:00 ± 1:04
Actividad Motora (suma G en 30 seg)	18,81 ± 5,11	13:33 ± 00:53	1,95 ± 0,49	3:50 ± 1:12

Tabla 1: Promedio de los parámetros que conforman la amplitud relativa (RA): Promedio de las 10 horas consecutivas de valores mínimos (Valor L10) y 5 horas consecutivas con los valores máximos (Valor M5) para la TCP y sus respectivos tiempos (Tiempo L10 y tiempo M5); Promedio de las 5 horas consecutivas de valores mínimos (Valor L5) y 10 horas consecutivas con los valores máximos (Valor M10) para la IL, AM y tiempo en movimiento y sus respectivos tiempos (Tiempo L5 y tiempo M10).

En general, se observa que los valores obtenidos coinciden con los marcos teóricos presentados anteriormente: La TCP presenta sus máximos durante la noche (Períodos de reposo) y sus mínimos durante el día (Período de actividad); Posteriormente nos encontramos con la IL, el tiempo en movimiento y la AM que se encuentran temporalmente muy ligados con sus máximos y mínimos de actividad en horas muy similares. Se destaca por tanto que las horas de máxima actividad se encuentran en las horas centrales del día para estas variables y sus mínimos durante la madrugada debido a que los períodos de actividad en humanos van ligados a la presencia de luz, mientras que los períodos de reposo y por tanto de menor actividad, se representan durante la noche (Bracci et al., 2016).

- **Cuestionario de matutinidad-vespertinidad de Horne y Östberg**

En el siguiente apartado buscamos tener una idea de la tendencia cronotípica circadiana conforme se produce el envejecimiento. Para ello se recogieron los datos de los cuestionarios de matutinidad-vespertinidad de Horne y Östberg de 16 alumnos y se calculó la proporción frente al total de cronotipos establecidos (Figura 12). Los resultados obtenidos cuadran con el desarrollo cronotípico en personas mayores. Los jóvenes suelen mostrar una tendencia a la vespertinidad que va cambiando con el avance de la edad hacia un cronotipo matutino (Antúnez et al., 2014).

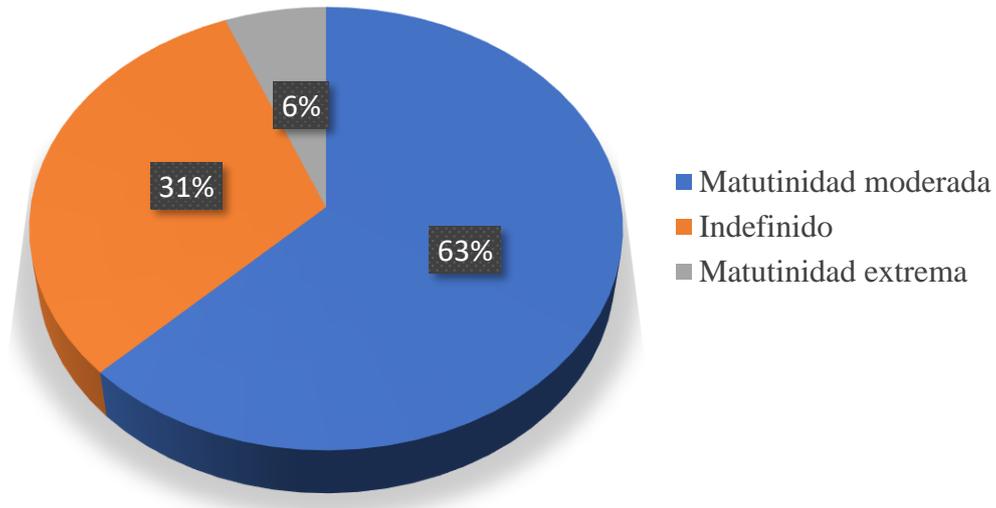


Figura 12: Asignación de cronotipos mediante los resultados obtenidos en el cuestionario de matutinidad-vespertinidad de Horne y Östberg de un conjunto de alumnos pertenecientes a la UOM (n=16).

• **Agenda de sueño**

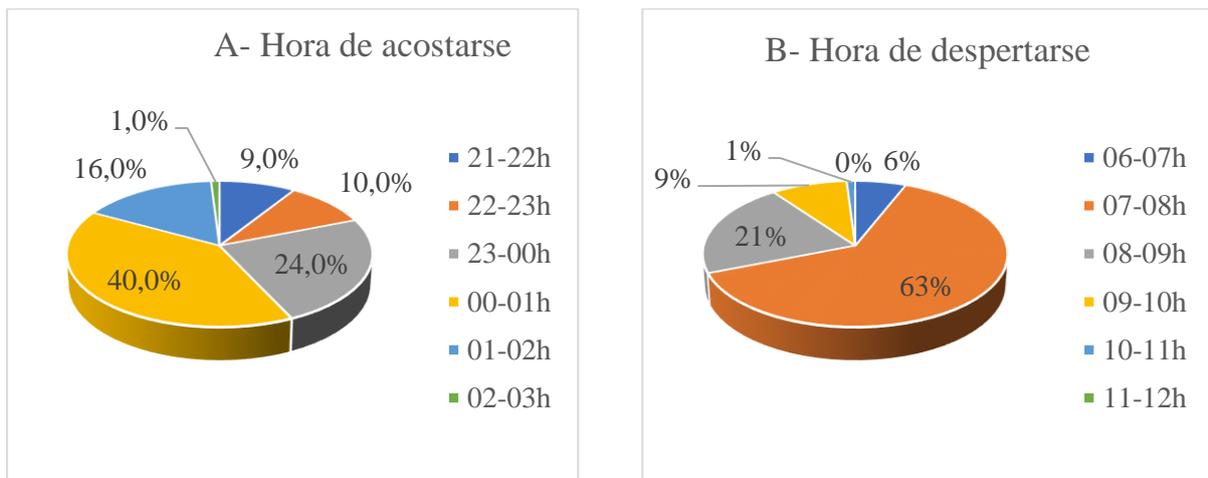


Figura 13: Representación gráfica de las horas habituales de acostarse (A) y de despertarse (B) de los alumnos, según sus agendas del sueño. Aunque la mayoría suele acostarse un poco tarde (Entre 23:00- 01:00h), se despiertan casi todos a la misma hora; lo que concuerda con los resultados del test de matutinidad-vespertinidad.

5. DISCUSIÓN

Los cambios en la estructura temporal humana durante el proceso de envejecimiento se hallaron en todas las frecuencias rítmicas estudiadas (Haus & Touitou, 1997). Tal como fue mencionado antes, en el sistema circadiano las modificaciones que se observan más marcadamente son la reducción de la amplitud y el adelanto de fase del reloj. Estas modificaciones reflejan el envejecimiento del sistema circadiano. Con la edad, las personas tienden a salir menos de casa durante el día, recibiendo una menor intensidad de luz natural, así como también se reducen otros sincronizadores como el ejercicio físico o la actividad social durante el día. Como se ha dicho anteriormente, el ciclo luz-oscuridad es el principal sincronizador del sistema circadiano. Así, numerosos estudios han mostrado que la exposición a luz brillante durante el día puede mejorar sustancialmente la situación en distintas patologías, en las que se ve afectado el sistema circadiano (Huang et al., 2002). Sin embargo, hay que evitar en lo posible la exposición a luz brillante durante la noche, ya que ésta tiene efectos indeseables sobre el sistema circadiano, contribuyendo a la aparición de CD (Haus & Smolensky, 2006). En aquellos casos en los que sea imprescindible la iluminación nocturna, esta debe ser pobre en el espectro azul y enriquecida en tonos cálidos.

Numerosos estudios afirman que, durante el día, los ancianos institucionalizados en algunas residencias de ancianos se encuentran a niveles de luz brillante y tiempo de exposición significativamente bajos. Estos pacientes suelen tener un sueño nocturno fragmentado y, como consecuencia de ello, padecen somnolencia diurna y dificultades para afrontar las actividades de la vida diaria. Estos problemas subyacen principalmente debido a una mala sincronización con los ritmos de iluminación ambiental, que, junto con las consecuencias del envejecimiento normal, comportan uno de los principales problemas en personas mayores (De Lepeleire et al., 2007; Jacobs et al., 1989; Juda et al., 2020; Neikrug & Ancoli-Israel, 2010; Rubiño et al., 2017; Shochat et al., 2000).

Por otra parte, el ejercicio físico, realizado de manera regular, actúa como sincronizador del sistema circadiano y potencia la robustez de los ritmos manifiestos (Lax et al., 1998; Weinert & Waterhouse, 2007). A sus efectos generales sobre la mejora del estado de ánimo y metabolismo habría que añadir su capacidad para reducir la latencia y mejorar la profundidad del sueño. Además, si este ejercicio se realiza en exteriores y en compañía, su capacidad sincronizadora se potencia al combinarse con otros sincronizadores como son la luz brillante y los contactos sociales. También, la hora de alimentación es un potente sincronizador, sobre todo para los osciladores periféricos. Así, comer todos los días a las mismas horas posee importantes efectos sincronizadores (Escobar et al., 2011). Finalmente, los contactos sociales son también un potente sincronizador del sistema circadiano. Estos contactos se hacen más esporádicos tras la jubilación y pierden su carácter periódico; por ello, la búsqueda de actividades organizadas que supongan la realización de contactos con otras personas puede ser un buen modo de conseguirlos (Mistlberger & Skene, 2004).

Durante su estancia en la UIB para estudiar las asignaturas programadas por la UOM, los alumnos mantuvieron contacto entre ellos, lo que se puede considerar como contactos sociales. Los alumnos se programaron también para ajustar su ritmo de alimentación de acuerdo con el horario de las clases, lo que tendría un importante efecto sincronizador. Además, tuvieron que salir de sus casas para ir a la UIB y eso conlleva estar expuesto a la luz diurna. Una dosis suficiente de luz durante las horas del día ayudaría a las personas ancianas a sincronizar su ritmo circadiano. Así pues, una actividad como estudiar de manera programada fuera de casa puede potenciar algunos zeitgebers, que suelen debilitarse con el envejecimiento. Los resultados de las diferentes variables estudiadas en este trabajo lo demuestran.

Por otra parte, el análisis de los registros de los ritmos de AM y de la TCP, permite conocer cómo funcionan las salidas del sistema circadiano de un individuo, y también inferir el ritmo de sueño-vigilia con una precisión superior al 90% (Validado mediante registros polisomnográficos) (Blazquez et al., 2012). Los valores obtenidos de IS, IV, AR y CFI de los alumnos de la UOM mostraron una estabilidad y robustez del patrón circadiano tanto en TCP como en la AM, lo que puede indicar que tienen un buen ritmo sueño-vigilia.

El análisis del cuestionario de matutinidad-vespertinidad de Horne y Östberg de los alumnos de la UOM, muestra una tendencia al cronotipo matutino, un resultado similar a trabajos anteriores como el de Antúnez (Antúnez et al., 2014). El análisis de la agenda del sueño, no obstante, muestra una tendencia a dormir un poco tarde (Entre 23:00 – 01:00h), pero se despiertan casi todos a la misma hora; lo que concuerda con los resultados del test de matutinidad-vespertinidad, por lo menos en la hora de despertar.

A modo de resumen, el envejecimiento del sistema circadiano hace que la exposición a los sincronizadores externos de luz-oscuridad tenga más importancia y adquiera más preeminencia entre las prioridades para las personas mayores. No obstante, potenciar los demás sincronizadores, como son el contacto social y la actividad física durante el día, o mantener horarios regulares de comidas, ayudaría a mantener un correcto ritmo de sueño-vigilia.

6. CONCLUSIÓN

La aparición de la CD en el envejecimiento debido a una ineficiente sincronización del reloj circadiano con los *zeitgebers* ha sido ampliamente demostrada. En concreto, una correcta exposición lumínica y contraste luz-oscuridad tienen un papel fundamental en el encarrilamiento de los ritmos circadianos, como el de sueño-vigilia. Por el otro lado, pese a que se encuentran pocos estudios que muestran indicios sobre la influencia de la estabilidad de la rutina diaria como *zeitgeber*, en el presente estudio se ha pretendido corroborar esta vertiente. Así pues, una rutina diaria robusta favoreciendo períodos de actividad, mayor exposición lumínica y contraste luz-oscuridad se esperaba que tuvieran efectos positivos en la prevención de la CD en una muestra de alumnos que asistían a la UOM. El análisis de parámetros circadianos con pruebas paramétricas y no paramétricas de las principales variables (TCP, AM e IL) parece ser que muestra una tendencia positiva en la sincronización de los ritmos circadianos y consecuentemente manteniendo o mejorando el ritmo sueño-vigilia.

Como conclusión, se destaca la falta de más estudios con un potencial muestral y estadístico mucho más elevado que arrojen conclusiones fiables del efecto de la estabilidad en la rutina diaria y una adecuada exposición lumínica junto con un buen contraste luz-oscuridad en ancianos residentes en domicilios, independientes y autónomos sobre el ritmo circadiano sueño-vigilia.

7. ABREVIATURAS

- Cronodisrupción (CD).
- Universidad abierta para mayores (UOM).
- Midline Estimating Statistic of Rhythm (Mesor).
- Núcleos Supraquiasmáticos (NSQ).
- Células ganglionares de la retina intrínsecamente fotosensibles (ipRGC).
- Tracto retinohipotalámico (TRH).
- Temperatura corporal periférica (TCP).
- Actividad motora (AM).
- Intensidad lumínica (IL).
- Comité de Ética de la investigación de las Islas Baleares (CEI-IB).
- Temperatura corporal central (TCC).
- Índice de estabilidad interdiaria (IS).
- Índice de variabilidad intradiaria (IV).
- Amplitud relativa (RA).
- Índice de función circadiana (CFI).
- Desviación estándar (SD).
- Standard error of the mean (SEM).

8. BIBLIOGRAFÍA

Ancoli-Israel, S., & Ayalon, L. (2006). Diagnosis and treatment of sleep disorders in older adults. In *American Journal of Geriatric Psychiatry* (Vol. 14, Issue 2, pp. 95–103).

Antúnez, J. M., Navarro, J. F., & Adan, A. (2014). Morningness-eveningness and personality characteristics of young healthy adults. *Personality and Individual Differences*, 68, 136–142.

Argüelles, R., Bonmatí Carrión, M., Argüelles Prieto, R., & Bonmatí Carrión, M. (2015). Melatonina, la hormona de la noche. *Eubacteria*, 33, 3.

Aschoff, J. (1965). Circadian rhythms in man. In *Science* (Vol. 148, Issue 3676, pp. 1427–1432).

Bailey, A. M., Demas, G. E., & Kriegsfeld, L. J. (2014). Biological Rhythms ☆. In *Reference Module in Biomedical Sciences*. Elsevier.

Berson, D. M., Dunn, F. A., & Takao, M. (2002). Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock. *Science*, 295(5557), 1070–1073.

Blazquez, A., Martinez-Nicolas, A., Salazar, F. J., Rol, M. A., & Madrid, J. A. (2012). Wrist skin temperature, motor activity, and body position as determinants of the circadian pattern of blood pressure. *Chronobiology International*, 29(6), 747–756.

Bonmatí Carrión, M. Á., & Argüelles, R. (2015). La luz en el sistema circadiano. *Eubacteria*, N° 33 (2015).

Bracci, M., Ciarapica, V., Copertaro, A., Barbaresi, M., Manzella, N., Tomasetti, M., Gaetani, S., Monaco, F., Amati, M., Valentino, M., Rapisarda, V., & Santarelli, L. (2016). Peripheral skin temperature and circadian biological clock in shift nurses after a day off. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(5).

- Brainard, G. C., Rollag, M. D., & Hanifin, J. P. (1997). Photic Regulation of Melatonin in Humans: Ocular and Neural Signal Transduction. *Journal of Biological Rhythms*, 12(6), 537–546.
- Brown, F. A. (1976). Biological clocks: Endogenous cycles synchronized by subtle geophysical rhythms. *BioSystems*, 8(2), 67–81.
- Cronobiología médica. Fisiología y fisiopatología de los ritmos biológicos. (2009). *Cronobiología Médica. Fisiología y Fisiopatología de Los Ritmos Biológicos*, 50(006), 238–241.
- Czeisler, C. A., Duffy, J. F., Shanahan, T. L., Brown, E. N., Mitchell, J. F., Rimmer, D. W., Ronda, J. M., Silva, E. J., Allan, J. S., Emens, J. S., Dijk, D. J., & Kronauer, R. E. (1999). Stability, precision, and near-24-hour period of the human circadian pacemaker. *Science*, 284(5423), 2177–2181.
- Daan, S., & Aschoff, J. (2001). The Entrainment of Circadian Systems. In *Circadian Clocks* (pp. 7–43).
- De Lepeleire, J., Bouwen, A., De Coninck, L., & Buntinx, F. (2007). Insufficient Lighting in Nursing Homes. *Journal of the American Medical Directors Association*, 8(5), 314–317.
- Duffy, J. F., Zitting, K. M., & Chinoy, E. D. (2015). Aging and circadian rhythms. In *Sleep Medicine Clinics* (Vol. 10, Issue 4, pp. 423–434).
- Ehlers, C. L., Frank, E., & Kupfer, D. J. (1988). Social Zeitgebers and Biological Rhythms: A Unified Approach to Understanding the Etiology of Depression. *Archives of General Psychiatry*, 45(10), 948–952.
- Elmore, S. K., Betrus, P. A., & Burr, R. (1994). Light, social zeitgebers, and the sleep–wake cycle in the entrainment of human circadian rhythms. *Research in Nursing & Health*, 17(6), 471–478.
- Escames, G., & Acuña-Castroviejo, D. (2009). Melatonin, synthetic analogs, and the sleep/wake rhythm. In *Revista de Neurología* (Vol. 48, Issue 5, pp. 245–254).
- Escobar, C., Salgado, R., Rodriguez, K., Blancas Vázquez, A. S., Angeles-Castellanos, M., & Buijs, R. M. (2011). Scheduled meals and scheduled palatable snacks synchronize circadian rhythms: Consequences for ingestive behavior. *Physiology and Behavior*, 104(4), 555–561.
- Finger, A. M., & Kramer, A. (2021). Mammalian circadian systems: Organization and modern life challenges. In *Acta Physiologica* (Vol. 231, Issue 3).
- Garaulet, M., & Madrid, J. A. (2010). Chronobiology: Influences on Metabolic Syndrome and Cardiovascular Risk. *Current Cardiovascular Risk Reports*, 4(1), 15–23.
- Golombek, D. A. (2007). Introducción. La máquina del tiempo. In *Cronobiología humana: ritmos y relojes biológicos en la salud y en la enfermedad* (pp. 19–33).
- Golombek, D., & Yanielli, P. (2006). Organización del sistema circadiano en vertebrados. In *Cronobiología básica y clínica* (pp. 191–224).
- Hardeland, R., Madrid, J. A., Tan, D. X., & Reiter, R. J. (2012). Melatonin, the circadian multioscillator system and health: The need for detailed analyses of peripheral melatonin signaling. In *Journal of Pineal Research* (Vol. 52, Issue 2, pp. 139–166).
- Haus, E., & Smolensky, M. (2006). Biological clocks and shift work: Circadian dysregulation and potential long-term effects. In *Cancer Causes and Control* (Vol. 17, Issue 4, pp. 489–500).

- Haus, E., & Touitou, Y. (1997). Chronobiology of development and aging. In *Physiology and pharmacology of biological rhythms* (pp. 95-134). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Hofman, M. A., & Swaab, D. F. (2006). Living by the clock: The circadian pacemaker in older people. In *Ageing Research Reviews* (Vol. 5, Issue 1, pp. 33–51).
- Hood, S., & Amir, S. (2017). The aging clock: Circadian rhythms and later life. In *Journal of Clinical Investigation* (Vol. 127, Issue 2, pp. 437–446).
- Horne, J. A., & Ostberg, O. (1976). A self assessment questionnaire to determine Morningness Eveningness in human circadian rhythms. *International Journal of Chronobiology*, 4(2), 97–110.
- Huang, Y. L., Liu, R. Y., Wang, Q. S., Van Someren, E. J. W., Xu, H., & Zhou, J. N. (2002). Age-associated difference in circadian sleep-wake and rest-activity rhythms. *Physiology and Behavior*, 76(4–5), 597–603.
- Jacobs, D., Ancoli-Israel, S., Parker, L., & Kripke, D. F. (1989). Twenty-four-hour sleep-wake patterns in a nursing home population. *Psychology and Aging*, 4(3), 352–356.
- Juda, M., Liu-Ambrose, T., Feldman, F., Suvagau, C., & Mistlberger, R. E. (2020). Light in the Senior Home: Effects of Dynamic and Individual Light Exposure on Sleep, Cognition, and Well-Being. *Clocks & Sleep*, 2(4), 557–576.
- Klein, D. C. (1985). Photoneural regulation of the mammalian pineal gland. *Ciba Foundation Symposium*, 117, 38–56.
- Krauchi, K., & Wirz-Justice, A. (1994). Circadian rhythm of heat production, heart rate, and skin and core temperature under unmasking conditions in men. *American Journal of Physiology - Regulatory Integrative and Comparative Physiology*, 267(3).
- Lax, P., Zamora, S., & Madrid, J. A. (1998). Coupling effect of locomotor activity on the rat's circadian system. *American Journal of Physiology - Regulatory Integrative and Comparative Physiology*, 275(2 44-2).
- Lucas Sánchez, A., Mendiola López, P., & De Costa Ruiz, J. (2015). El reloj biológico, marcapasos de la vida. Cronobiología y envejecimiento. *Eubacteria*, N° 33 (2015).
- Madrid, J., Ortiz-Tudela, E., Martínez-Nicolás, A., & Rol, M. (2009). El sistema circadiano en el anciano: valoración clínica e intervenciones terapéuticas. *Inf. Psiquiátr*, 51–58.
- Madrid Pérez, J. A., & Rol de Lama, M. Á. (2015). Ritmos, relojes y relojeros. Una introducción a la Cronobiología. *Eubacteria*, N° 33 (2015).
- Martin, J. S., Hébert, M., Ledoux, E., Gaudreault, M., & Laberge, L. (2012). Relationship of chronotype to sleep, Light exposure, and work-related fatigue in student workers. *Chronobiology International*, 29(3), 295–304.
- Martínez-Nicolás, A., Ortiz-Tudela, E., Rol, M. de los Á., & Madrid, J. A. (2013). Influencia de la exposición a la luz sobre el sistema circadiano. *Vigilia Sueño*, 25(1), 1–15.
- Mendoza, J. (2007). Circadian clocks: Setting time by food. *Journal of Neuroendocrinology*, 19(2), 127–137.

- Mistlberger, R. E., & Skene, D. J. (2004). Social influences on mammalian circadian rhythms: Animal and human studies. In *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* (Vol. 79, Issue 3, pp. 533–556).
- Neikrug, A. B., & Ancoli-Israel, S. (2010). Sleep disturbances in nursing homes. In *Journal of Nutrition, Health and Aging* (Vol. 14, Issue 3, pp. 207–211).
- Ortega, J., Bilbao, T., Soto, G., Barrios, C., Pérez, M., Anaya, E., & Cueto, K. (2018). Cronotipo, composición corporal y resistencia a la insulina en estudiantes universitarias. *Volumen 28. Número, 2(2)*, 272–286.
- Ortiz-Tudela, E., Bonmati-Carrion, M. A., De la Fuente, M., & Mendiola, P. (2012). La cronodisrupción como causa de envejecimiento. In *Revista Espanola de Geriatria y Gerontologia* (Vol. 47, Issue 4, pp. 168–173).
- Ortiz-Tudela, E., Martinez-Nicolas, A., Campos, M., Rol, M. Á., & Madrid, J. A. (2010). A new integrated variable based on thermometry, actimetry and body position (TAP) to evaluate circadian system status in humans. *PLoS Computational Biology*, 6(11).
- Pittendrigh, C. S. (1960). Circadian rhythms and the circadian organization of living systems. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, 25, 159–184.
- Postolache, T. T., & Raheja, U. K. (2016). Body Rhythms/Biological Clocks. In *Encyclopedia of Mental Health: Second Edition* (pp. 193–203).
- Poza, J. J., Pujol, M., Ortega-Albás, J. J., & Romero, O. (2018). Melatonin in sleep disorders. *Neurologia*.
- Ralph, M. R., & Lehman, M. N. (1991). Transplantation: a new tool in the analysis of the mammalian hypothalamic circadian pacemaker. In *Trends in Neurosciences* (Vol. 14, Issue 8, pp. 362–366).
- Refinetti, R. (2018). Biological rhythms. In *Encyclopedia of Ecology* (pp. 163–169). Elsevier.
- Roenneberg, T., Kantermann, T., Juda, M., Vetter, C., & Allebrandt, K. V. (2013). Light and the human circadian clock. *Handbook of Experimental Pharmacology*, 217, 311–331.
- Rubiño, J. A., Gamundí, A., Akaarir, M., Cañellas, F., Rial, R., Ballester, N., & Nicolau, M. C. (2017). Effects of differences in the availability of light upon the circadian rhythms of institutionalized elderly. *Chronobiology International*, 34(9), 1197–1210.
- Sarabia, J. A., Rol, M. A., Mendiola, P., & Madrid, J. A. (2008). Circadian rhythm of wrist temperature in normal-living subjects. A candidate of new index of the circadian system. *Physiology and Behavior*, 95(4), 570–580.
- Shochat, T., Martin, J., Marler, M., & Ancoli-Israel, S. (2000). Illumination levels in nursing home patients: Effects on sleep and activity rhythms. *Journal of Sleep Research*, 9(4), 373–379.
- Stephan, F. K., & Zucker, I. (1972). Circadian rhythms in drinking behavior and locomotor activity of rats are eliminated by hypothalamic lesions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 69(6), 1583–1586.
- Touitou, Y., & Haus, E. (1992). Biologic Rhythms from Biblical to Modern Times. A Preface. In *Biologic Rhythms in Clinical and Laboratory Medicine* (pp. 1–5).

Turek, F. W., & Takahashi, J. S. (2001). Introduction to Circadian Rhythms. In *Circadian Clocks* (pp. 3–6).

Van Someren, E. J. W. (2004). Sleep propensity is modulated by circadian and behavior-induced changes in cutaneous temperature. *Journal of Thermal Biology*, 29(7-8 SPEC. ISS.), 437–444.

Weinert, D., & Waterhouse, J. (2007). The circadian rhythm of core temperature: Effects of physical activity and aging. *Physiology and Behavior*, 90(2–3), 246–256.

Zisberg, A., Gur-Yaish, N., & Shochat, T. (2010). Contribution of routine to sleep quality in community elderly. *Sleep*, 33(4), 509–514.

ANEXO 1

CUESTIONARIO DE MATUTINIDAD-VESPERTINIDAD DE HORNE Y OBSTBERG

Instrucciones

Antes de contestar cada pregunta léala atentamente, por favor.

Conteste a todas las preguntas.

Conteste las preguntas consecutivamente una tras otra.

Debe contestar cada pregunta independientemente de las demás. No vuelva atrás para verificar sus respuestas.

Todas las preguntas contienen respuestas preestablecidas. En cada pregunta ponga una cruz al lado de una sola respuesta. Algunas preguntas muestran una escala, en cuyo caso ponga una cruz en el lugar apreciado de la escala.

Conteste con toda sinceridad.

Cuestionario

1. Si sólo pensaras en cuando te sentirías mejor y fueras totalmente libre de planificarte el día. ¿A qué hora te levantarías?
 - 5 Entre las 5 y 6: 30 de la mañana.
 - 4 Entre las 6:30 y las 8.
 - 3 Entre las 8 y 9:30 de la mañana.
 - 2 Entre las 9:30 y 11 de la mañana.
 - 1 Entre las 11 y las 12.

2. Si sólo pensaras en cuando te sentirías mejor y fueras totalmente libre de planificarte el día. ¿A qué hora te acostarías?
 - 5 A las 8 - 9p.m.
 - 4 A las 9-10:30 p.m.
 - 3 A las 10:30-12:30 p.m.
 - 2 A las 12:30 1:30 p.m.
 - 1 A las 1:30-3 p.m.

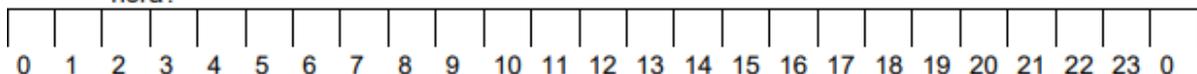
3. Para levantarte por la mañana a una hora específica. ¿Hasta qué punto necesitas que te avise el despertador?
 - 4 No lo necesito.
 - 3 Lo necesito poco.
 - 2 Lo necesito bastante.
 - 1 Lo necesito mucho.

4. En circunstancias ambientales normales. ¿Qué tal te resulta levantarte por las mañanas?
 - 1 Nada fácil.
 - 2 No muy fácil.
 - 3 Bastante fácil.
 - 4 Muy fácil.

5. Una vez levantado por las mañanas. ¿Qué tal te encuentras durante la primera media hora?
 - 1 Nada alerta.
 - 2 Poco alerta.
 - 3 Bastante alerta.
 - 4 Muy alerta.

6. Una vez levantado por las mañanas. ¿Cómo es tu apetito durante la primera media hora?
- 1 Muy escaso.
 - 2 Bastante escaso.
 - 3 Bastante bueno.
 - 4 Muy bueno.
7. Una vez levantado por las mañanas. ¿Qué tal te sientes durante la primera media hora?
- 1 Muy cansado.
 - 2 Bastante cansado.
 - 3 Bastante descansado.
 - 4 Muy descansado.
8. Cuando no tienes compromisos al día siguiente. ¿A qué hora te acuestas en relación con tu hora habitual?
- 4 Raramente o nunca más tarde.
 - 3 Menos de 1 hora más tarde.
 - 2 De 1 a 2 horas más tarde.
 - 1 Más de 2 horas más tarde.
9. Has decidido hacer un poco de ejercicio físico. Un amigo te propone hacerlo una hora dos veces por semana y según él la mejor hora sería de 7 a 8 de la mañana. ¿Cómo crees que te encontrarías?
- 4 Estaría en buena forma.
 - 3 Estaría en una forma aceptable.
 - 2 Me resultaría difícil.
 - 1 Me resultaría muy difícil.
10. ¿A qué hora de la noche te sientes cansado y como consecuencia necesitas dormir?
- 5 A las 8-9 p.m.
 - 4 A las 9-10:30 p.m.
 - 3 A las 10:30 pm -12:30 am
 - 2 A la 1-2 am.
 - 1 A las 2-3 am.
11. Quieres estar en tu punto máximo de rendimiento para una prueba de dos horas que va a ser mentalmente agotadora. Siendo totalmente libre de planificar el día y pensando sólo en cuando te sentirías mejor. ¿Qué horario elegirías?
- 6 De 8 a 10 de la mañana.
 - 4 De 11 de la mañana a 1 del mediodía.
 - 2 De 3 a 5 de la tarde.
 - 1 De 7 de la tarde a 9 de la noche.
12. Si te acostaras a las 11 de la noche. ¿Qué nivel de cansancio notarías?
- 0 Ningún cansancio.
 - 2 Algún cansancio.
 - 3 Bastante cansancio.
 - 5 Mucho cansancio.

13. Por algún motivo te has acostado varias horas más tarde de lo habitual, aunque al día siguiente no has de levantarte a ninguna hora en particular. ¿Cuándo crees que te despertarías?
- 4 A la hora habitual y ya no dormiría más.
 3 A la hora habitual y luego dormiría.
 2 A la hora habitual y volvería a dormirme.
 1 Más tarde de lo habitual.
14. Una noche tienes que permanecer despierto de 4 a 6 de la madrugada debido a una guardia nocturna. Sin tener ningún compromiso al día siguiente, ¿qué preferirías?
- 1 No acostarme hasta pasada la guardia.
 2 Echar un sueñecito antes y dormir después.
 3 Echar un buen sueño antes y un sueñecito después.
 4 Hacer toda la dormida antes de la guardia.
15. Tienes que hacer dos horas de trabajo físico pesado. Eres totalmente libre para planificarte el día. Pensando sólo en cuando te sentirías mejor, ¿qué horario escogerías?
- 4 De 8 a 10 de la mañana.
 3 De 11 de la mañana a 1 del mediodía.
 2 De 3 a 5 de la tarde.
 1 De 7 de la tarde a 9 de la noche.
16. Has decidido hacer ejercicio físico intenso. Un amigo te sugiere practicar una hora dos veces por semana de 10 a 11 de la noche. ¿Cómo crees que te sentiría?
- 1 Estaría en buena forma.
 2 Estaría en una forma aceptable.
 3 Me resultaría difícil.
 4 Me resultaría muy difícil.
17. Imagínate que puedes escoger tu horario de trabajo. Supón que tu jornada es de CINCO horas (incluyendo los descansos) y que tu actividad es interesante y remunerada según tu rendimiento. ¿Qué CINCO HORAS CONSECUTIVAS seleccionarías? ¿Empezando en qué hora?



Considera la casilla marcada más a la derecha para escoger entre los siguientes rangos

- 1 Entre las 12 p.m. y las 3 a.m.
 5 Entre las 3 a.m. y las 7 a.m.
 4 A las 7 a.m.
 3 Entre las 8 a.m. y la 1 p.m.
 2 Entre la 1 p.m. y las 5 p.m.
 1 Entre las 5 p.m. y las 12 p.m.

18. ¿A qué hora del día crees que alcanzas tu cota máxima de bienestar?
- 1 Entre las 12 p.m. y las 4 a.m.
 - 5 Entre las 4 a.m. y las 7 a.m.
 - 4 Entre las 7 a.m. y las 9 a.m.
 - 3 Entre las 9 a.m. y las 4 p.m.
 - 2 Entre las 4 p.m. y las 9 p.m.
 - 1 Entre las 9 p.m. y las 12 p.m.
19. Se habla de personas de tipo matutino y vespertino. ¿Cuál de estos tipos te consideras ser?
- 6 Un tipo claramente matutino.
 - 4 Un tipo más matutino que vespertino.
 - 2 Un tipo más vespertino que matutino.
 - 0 Un tipo claramente vespertino.

Resultado

Suma los puntos que figuran al lado de la casilla y consulta a qué carácter corresponde la puntuación total.

Puntuación	Carácter
70-86	Matutinidad extrema
59-69	Matutinidad moderada
42-58	Indefinido
31-41	Vespertinidad moderada
16-30	Vespertinidad extrema

ANEXO 2

Agenda de sueño

Marca la hora de dormir con **S** y la hora de despertar con **W**, inclusive las siestas

Ejemplo del Día 1 (**S**: 22:30 y **W**:07:00)

	19h	20h	21h	22h	23h	0h	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h
Día 1				S									W											
Día 2																								
Día 3																								
Día 4																								
Día 5																								
Día 6																								
Día 7																								